

Effet du marathon sur les signes précurseurs de gonarthrose

Analyse critique de la littérature

LENA GRIVET

Étudiante HES – Filière Physiothérapie

ALINE REINMANN

Étudiante HES – Filière Physiothérapie

Directeur de travail de Bachelor : YVAN LEURIDAN

**TRAVAIL DE BACHELOR DEPOSE A GENÈVE ET SOUTENU A SIERRE EN 2014 EN VUE
DE L'OBTENTION D'UN BACHELOR OF SCIENCE EN PHYSIOTHERAPIE**

Résumé

Introduction : Le marathon a gagné en popularité au cours des dernières années. Il existe de nombreuses questions quant aux bénéfices de cette forme de course à pied notamment sur le système locomoteur. L'impact de la course de longue distance sur les articulations est sujet à controverses.

Objectif : Evaluer si le marathon augmente le risque d'apparition de signes précurseurs de gonarthrose.

Méthode : Nous avons consulté les bases de données Pubmed, SportDiscus, Cinahl plus with full text, The Cochrane Library, PEDro et Kinédoc. La stratégie de recherche utilisée a réuni des mots clés autour de trois axes : le sport, la pathologie et la localisation c'est-à-dire la course à pied de longue distance, l'arthrose et le genou. Nos outcomes étaient l'intégrité du cartilage, l'œdème de la moelle osseuse, l'effusion intra articulaire, les ménisques, les ligaments collatéraux et croisés. Cinq articles de design avant-après, avec ou sans groupe contrôle, ont été retenus. La qualité des articles a été évaluée avec l'échelle MINORS.

Résultats : Les résultats concernant le cartilage, l'œdème, l'effusion et les ménisques sont controversés. Ces données tendent à indiquer une absence d'effet sur le genou. Aucune différence n'a été remarquée sur les ligaments.

Conclusion : Il est difficile d'apporter une conclusion tranchée quant à l'effet du marathon sur les signes précurseurs d'arthrose. D'après notre revue de la littérature, le marathon ne semble pas néfaste pour l'articulation du genou. D'autres études sont nécessaires afin de vérifier cette tendance.

AVERTISSEMENT

Les prises de position, la rédaction et les conclusions de ce travail n'engagent que la responsabilité de ses auteurs et en aucun cas celle de la Haute Ecole de Santé de Genève, du Jury ou du Directeur du Travail de Bachelor.

J'atteste/nous attestons avoir réalisé seul-e(s) le présent travail, sans avoir utilisé d'autres sources que celles indiquées dans la liste de références bibliographiques.

Date et nom du (des) auteur(s)

Genève, le 5 juin 2014

Mme Léna GRIVET

Mme Aline REINMANN

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Léna' with a stylized flourish.A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Reinmann' with a stylized flourish.

Remerciements

Nous aimerions remercier les personnes suivantes pour leur contribution à la réalisation de ce travail :

M. Leuridan Yvan, enseignant en filière physiothérapie à la Haute Ecole de Santé Genève et directeur de notre travail de bachelor, pour nous avoir guidées avec sa patience légendaire tout au long de la construction de notre travail

M. Crettenand Patrick, chef médico-thérapeutique Hôpital du Valais (RSV), référent chargé de cours à l'école de physiothérapie de Loèche-Les-Bains (module physiothérapie du sport) et ancien membre du Team médical de la Fédération Suisse d'athlétisme (Swiss-Athletics), pour la relecture de notre travail et son avis éclairé

M. Dubois Blaise, physiothérapeute du sport, consultant à l'Athlétisme Canada, président fondateur de La Clinique Du Coureur, conférencier pour grand public et professionnels de la santé et de l'entraînement, chargé d'enseignement clinique en physiothérapie à l'université Laval de Québec (module thérapie du sport), pour les cours et les conférences reçus à l'université Laval qui ont pu nourrir notre travail

Mme Grivet Viviane, M. Grivet Quentin, Mme Reinmann Anne-Madeleine, M. Reinmann Bruno, Mme Reinmann Marie, Mme Dauly Anna, M. Mazuir Gary, Mme Cottier Madline, M. Assouline Benjamin pour la relecture, les corrections amenées à ce travail et leurs précieux conseils

Mme Punt Iлона, adjointe scientifique de la filière physiothérapie de la Haute Ecole de Santé Genève, pour son aide apportée à l'analyse de nos résultats

Mme Bürge Elisabeth, directrice de la filière physiothérapie de la Haute Ecole de Santé Genève et enseignante, pour nous avoir aidé à débiter notre travail

Table des matières

I. Introduction	1
II. Cadre théorique.....	2
2.1. Cadre théorique sur le marathon	2
2.1.1. De l'histoire à la popularité du marathon	2
2.1.1.1. Le marathon	2
2.1.1.2. Une popularité en voie de changement	3
2.1.2. La biomécanique de la course à pied.....	4
2.1.2.1. Le cycle de la course.....	4
2.1.2.2. La force de réaction	5
2.1.3. La course à pied : une question de dosage ?	6
2.1.3.1. Bienfaits et risques.....	6
2.1.3.2. Facteurs de risques des pathologies de sur-usage liées à la course à pied	7
2.2. Cadre théorique de l'arthrose.....	8
2.2.1. L'arthrose	8
2.2.2. Prévalence et gonarthrose	9
2.2.3. Facteurs de risques	10
2.2.3.1. Facteurs de risques locaux.....	10
2.2.3.2. Facteurs de risques systémiques	10
2.2.4. L'arthrose et l'activité	10
2.2.5. Signes précurseurs de l'arthrose.....	11
2.3. Cadre théorique sur l'imagerie médicale	12
2.3.1. La radiographie	12
2.3.2. L'imagerie à rayonnement magnétique	13
2.3.2.1. Bases de l'imagerie par résonance magnétique (IRM).....	13
2.3.2.2. IRM et arthrose.....	14
2.3.2.3. Validité de l'IRM.....	15
2.4. La place du physiothérapeute	15
III. Problématique	16
IV. Méthodologie	17
4.1. Recherche d'articles	17
4.2. Sélection d'articles	18
4.3. Extraction des données.....	21
4.3.1. Tableaux d'extractions des données	21
4.3.2. Extraction des données par outcomes.....	21
4.3.2.1. L'intégrité du cartilage.....	21
4.3.2.2. Œdème dans la moelle osseuse.....	22
4.3.2.3. Extraction des données des autres outcomes	23
4.4. Evaluation de la qualité.....	23
V. Résultats.....	24
5.1. Résultats de la qualité	26
5.1.1. Design et niveau de preuves	26
5.1.2. Evaluation de la qualité	26
5.2. Résultats outcomes	26

5.2.1. Intégrité du cartilage.....	26
5.2.2. Œdème dans la moelle osseuse	28
5.2.3. Effusion intra articulaire.....	29
5.2.4. Ménisques.....	30
5.2.5. Ligaments croisés.....	31
5.2.6. Ligaments collatéraux interne/externe.....	31
VI. Discussion.....	34
6.1. Qualité des articles	34
6.1.1. Qualité scientifique d'après MINORS.....	34
6.1.2. Population.....	37
6.1.2.1. Genre	37
6.1.2.2. Age	37
6.1.2.3. Antécédents.....	38
6.1.2.4. Expérience.....	38
6.1.2.5. Nombre de participants	38
6.1.3. Intervention.....	39
6.2. Interprétation des résultats par outcomes.....	39
6.2.1. Intégrité du cartilage.....	39
6.2.2. Œdème de la moelle osseuse.....	40
6.2.3. Effusion intra articulaire.....	40
6.2.4. Ménisques.....	41
6.2.5. Ligaments croisés/collatéraux.....	42
6.3. Facteurs contribuant	42
6.3.1. Défaut d'axe	42
6.3.2. Chaussures.....	43
6.4. Données complémentaires : comparaison à un groupe contrôle.....	44
6.5. Limites de notre revue.....	45
6.5.1. Cadre théorique.....	46
6.5.2. Méthodologie.....	46
6.5.3. Qualité des articles retenus	47
6.6. Pertinence clinique	47
6.7. Pistes de recherches futures.....	48
VII. Conclusion	50
VIII. Bibliographie	VII
IX. Liste des annexes.....	XVI

I. Introduction

Aujourd'hui, beaucoup de personnes approuvent l'importance d'avoir une activité physique. En effet, on lui reconnaît de nombreuses vertus notamment sur le système cardio-respiratoire. La course à pied est devenue une forme d'exercice très populaire avec un engouement particulier pour les marathons au cours des quinze-vingt dernières années (Rasmussen, Nielsen, Juul, & Rasmussen, 2013). La promotion de ce sport dans la physiothérapie varie suivant les pays. En effet, certains pays intègrent le physiothérapeute dès le magasin de chaussures en tant que conseiller des vendeurs, comme des clients. De plus, des congrès et des formations spécialisés sur la course à pied lui sont réservés. Cet aspect de la profession est moins développé en Suisse.

Les bienfaits de la course à pied sont reconnus. Ils se ressentent non seulement sur les maladies métaboliques comme l'obésité ou l'hypertension, mais également sur les articulations. En effet, le mouvement contribue à la vie de ces dernières en les nourrissant par variation de pression (Hansen, English, & Willick, 2012). Cependant, il est établi que les contraintes en course à pied augmentent de quatre à huit fois par rapport à la marche. Ces impacts répétés à haute intensité pourraient, dès lors, provoquer une dégradation précoce de l'articulation. Comme le mentionnent Hohmann et al. (2004), lorsque l'os et le cartilage subissent des charges excédant un niveau critique, des changements chroniques pourraient survenir dans l'intégrité du genou (Hohmann, Wörtler, & Imhoff, 2004). Néanmoins, tous les auteurs ne vont pas forcément dans ce sens. Dernièrement, une étude s'est interrogée sur la raison d'une si faible proportion d'arthrose chez les coureurs, malgré un pic de force de réaction au niveau du genou plus élevé lors de la course que lors de la marche (Miller, Edwards, Brandon, Morton, & Deluzio, 2014). En tant qu'épreuve spécifique de longue distance principalement sur route, le marathon engendre des chocs répétés sur les articulations du membre inférieur. Un sportif de 70 kilogrammes subit au minimum 7000 tonnes sur ses articulations portantes (hanche, genou, cheville) en courant un marathon (Ziltener, 2011).

Une controverse existe donc dans le monde sportif quant à l'effet du marathon, forme intense de la course à pied, sur la destruction précoce des articulations. Les signes permettant de déceler cette destruction précoce sont l'intégrité des structures articulaires

à savoir le cartilage, les ménisques, la moelle osseuse et les ligaments croisés / collatéraux ainsi que la présence de liquide dans l'articulation. Une fois ces paramètres altérés, la survenue d'arthrose est accélérée. L'IRM est un moyen d'investigation adéquat pour déceler si une articulation présente des signes de dégradation. Il permet d'analyser les tissus et les fluides d'une articulation et d'en discerner les anomalies précocement.

Nous avons pour objectif de faire un état des lieux de la littérature sur le lien entre le marathon et l'apparition de signes précurseurs de gonarthrose, afin de répondre aux controverses sur le sujet en justifiant le rôle du physiothérapeute.

II. Cadre théorique

2.1. Cadre théorique sur le marathon

La course à pied est le moyen le plus rapide pour se déplacer, grâce à la succession de foulées bondissantes à partir d'appuis effectués alternativement sur chaque pied. Actuellement, la popularité de cette activité est considérable. Hommes et femmes de tous âges s'y attellent avec plus ou moins d'expérience que ce soit dans un but compétitif ou récréatif (Lopes, Hespanhol Júnior, Yeung, & Costa, 2012).

2.1.1. De l'histoire à la popularité du marathon

2.1.1.1. Le marathon

Le marathon est un sport de course à pied de longue distance qui se déroule sur sol dur de type goudron principalement. C'est une activité sportive qui évoque une forme de course à pied intense. Elle est la deuxième plus longue épreuve de fond des Jeux Olympiques en athlétisme après le 50 km de marche. Autrefois, l'épreuve se courait sur une distance non fixée d'environ 40 km. En 1921, l'International Association of Athletics Federations a arrêté la distance à 42,195 km. C'est une épreuve d'endurance où la performance dépend, avant tout, de la capacité du coureur à soutenir un effort de longue durée et d'intensité moyenne (40-70% VO₂ max). L'énergie nécessaire provient surtout des voies oxydatives. Cette capacité dépend de la puissance maximale aérobie¹,

¹ Plus petite puissance ou vitesse pour laquelle la consommation maximum d'oxygène (VO₂ max) est atteinte (Monod & Rochcongar, 2009, p 46)

de l'endurance et de l'efficacité de la foulée (Ziltener, 2011). La variation de l'économie énergétique du coureur dépend des paramètres physiologiques et biomécaniques (Hauswirth, Bigard, Berthelot, Thomaïdis, & Guezennec, 2007).

Depuis les années 1980, la participation à des courses d'endurance de type marathon a augmenté considérablement. Ce phénomène planétaire, autrefois réservé aux jeux olympiques, s'est répandu dans de multiples villes avec certaines manifestations regroupant plus de 40 000 participants. En 2001, les cinq marathons les plus populaires dans le monde - Boston, Chicago, Berlin, Londres et New York City - comptaient 121 291 finissants. Neuf ans plus tard, en 2010, 173 958 coureurs étaient comptés soit une augmentation de 43% (Chan-Roper, Hunter, Myrer, Eggett, & Seeley, 2012).

Si cette augmentation de la participation s'observe surtout sur les marathons, des milliers de coureurs bravent également leurs limites en expérimentant, chaque année, des courses d'ultra endurance (Zingg, Rüst, Lepers, Rosemann, & Knechtle, 2013). Ce type d'épreuve concerne les courses à pied d'une distance supérieure à celle du traditionnel marathon de 42,195 km et dans tous types d'environnements (ville, montagne, désert) (Zingg et al., 2014).

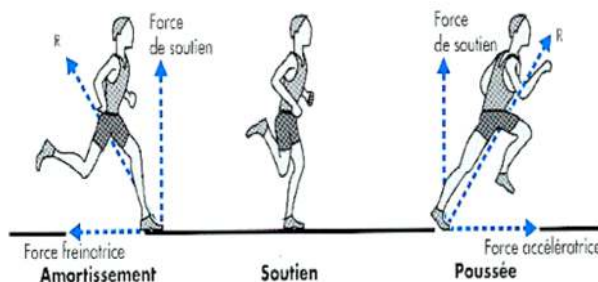
2.1.1.2. Une popularité en voie de changement

Généralement la population masculine est plus représentée dans les marathons. Sur 43'636 coureurs finissants le Marathon de la Jungfrau entre 2000 et 2011, 17.3% étaient des femmes et 82.7% des hommes. Tout comme celui de Lausanne qui a réuni 20'464 coureurs finissants sur la même période dont 15.2% de femmes et 84.8% d'hommes (Knechtle, Zingg, Rüst, Rosemann, & Lepers, 2013). Par ailleurs, l'augmentation de la participation enregistrée au cours des trente dernières années semblerait être le fruit d'une plus forte participation des « master runners » (athlètes de plus de 35 ans avec l'expérience de la discipline) et de la population féminine (Whyte, 2014; Zingg et al., 2013). Lors du Marathon de New York, le taux d'athlètes hommes et femmes âgés de plus de 50 ans a augmenté de 1983 à 1999. Avec, en plus, de meilleurs résultats que les plus jeunes (Zingg et al., 2013). Quant au ratio hommes/femmes, il a diminué : 5,1 entre 1980 et 1989 ; 3,1 entre 1990 et 1999 ; 2,1 entre 2000 et 2009. Ces chiffres reflètent un accroissement de la population féminine qui reste, cependant, toujours inférieure aux hommes (Lepers & Cattagni, 2012).

2.1.2. La biomécanique de la course à pied

2.1.2.1. Le cycle de la course

La biomécanique de la course s'inspire de celle de la marche. Nous retrouvons la phase d'appui et la phase oscillante mais représentées différemment. Lors de la marche, la phase d'appui compte 60% du cycle d'un pas et la phase oscillante les 40% restants. Selon Ziltener (2011), la course à pied « est caractérisée, contrairement à la marche, par une projection aérienne du corps en translation, consécutive à chacune des phases d'appui unipodal, et ne comporte donc pas de phase de double appui ». Nous pouvons alors rechercher la vitesse par la propulsion du pas. Ainsi s'ajoute une phase supplémentaire qu'on nomme la « suspension » ou la « phase aérienne pendulaire ». Cette dernière accroît « le temps de flottement des membres ». On parlera d'ailleurs de « foulée » plutôt que de pas. La phase d'appui se réduit à 40%, puis se poursuit par la



Tiré de : Ziltener, 2011

phase oscillante (30%), précédée et suivie de cette nouvelle phase de suspension (deux fois 15%). Premièrement, l'appui est divisé en trois étapes : amortissement (phase freinatrice, centre de gravité en arrière), soutien (centre de gravité d'aplomb) et poussée (phase motrice, centre de gravité en avant). L'attaque au sol varie au sein de la population: attaque du talon (« rear-foot strike ») plus fréquente chez les coureurs avec chaussures traditionnelles, mi-pied (« mid-foot strike ») ou avant-pied (« fore-foot strike ») fréquemment retrouvée chez les habitués à courir pieds nus (Kasmer, Liu, Roberts, & Valadao, 2013). Deuxièmement, la suspension est une phase aérienne dans laquelle le mouvement influencé par la vitesse initiale et l'angle d'envol ne peut être changé une fois suspendu (Ziltener, 2011).

Afin de diminuer le stress mécanique infligé au système musculo squelettique, il semble important d'améliorer le dynamisme au sol par une biomécanique plus efficace et économique. En effet, « une perte d'énergie importante se fera lors de la phase d'appui prolongée qui obligera le coureur à un travail musculaire supplémentaire lors de la propulsion » (Dubois, 2010). Dans une étude voulant déterminer comment le modèle de

course pouvait contribuer à diminuer la douleur dans le cadre d'un syndrome fémoro-patellaire, il a été constaté qu'augmenter la cadence de pas à 110% de la cadence habituelle (de plus petits pas avec une même vitesse) a réduit les forces appliquées à l'articulation de 14%. Les forces appliquées à la musculature de la hanche, du genou et de la cheville étaient aussi réduites au milieu de la phase d'appui avec une cadence augmentée (Lenhart, Thelen, Wille, Chumanov, & Heiderscheit, 2014).

Le schéma de course pourrait donc jouer un rôle dans les pathologies liées à la course à pied. En comprenant la qualité du mouvement, nous pourrions ensuite le contrôler au sein d'une prise en charge physiothérapeutique préventive.

2.1.2.2. La force de réaction

Lors de la course à pied, la charge d'impact ou force de réaction du sol (« Ground Reaction Force », GRF) augmente de quatre à huit fois la force verticale comparée à la marche (Hohmann & Bryant, 2006). D'autres chiffres existent concernant la charge d'impact qui serait estimée de une fois et demi à trois fois le poids du corps (Abt et al., 2011; Kessler, Glaser, Tittel, Reiser, & Imhoff, 2008). Le marathon est l'exemple de cette quantité de charges subies à répétition par les articulations portantes du corps.

La force de réaction du sol est fréquemment mesurée pour mettre en évidence la charge subie par le système musculo-squelettique. Lors de la marche, il est précisé qu'au niveau du genou, un « high peak knee joint contact forces » est susceptible d'initier et de faire progresser la gonarthrose (Bennell et al., 2011). Concernant la course, d'autres études avancent des données complémentaires en analysant les données biomécaniques du coureur. En effet, la relative courte durée du contact au sol et la longue distance parcourue au cours d'un cycle sembleraient contrer l'effet délétère d'un plus haut pic de charge au niveau des genoux (Miller et al., 2014). Par ailleurs, l'attaque au sol joue un rôle déterminant sur la force de réaction du sol subie par les articulations. Il est attesté que pieds nus, une attaque de l'avant-pied réduit les forces d'impact, alors qu'une attaque du talon les augmente (Hall, Barton, Jones, & Morrissey, 2013).

De plus, il existe une activité constante des muscles pour ajuster la raideur du corps et la rotation des articulations avant et après l'atterrissage (« pre-landing preparatory muscle activity » et « post-activity preparatory muscle activity ») (Zadpoor & Nikooyan, 2012). La coordination des articulations du membre inférieur est aussi engagée (Abt et al.,

2011). Ces facteurs prennent une place importante dans la prise en charge physiothérapeutique.

2.1.3. La course à pied : une question de dosage ?

2.1.3.1. Bienfaits et risques

Ayant pour avantages d'être peu coûteuse et adaptable à l'environnement, la course à pied est idéale pour lutter contre la sédentarité et l'obésité. De nombreux bénéfices lui sont connus. En effet, la course à pied diminue l'amincissement du cartilage, prévient une perte de protéoglycans générant la qualité viscoélastique du cartilage. Elle améliore l'endurance cardio-vasculaire, la force, la densité osseuse, la cognition et l'humeur (Hansen et al., 2012). Chez des marathoniens, l'hypertension, l'hypercholestérolémie et le diabète diminuent avec la fréquence de la participation à des courses de type marathon (Zingg et al., 2013). En diminuant l'indice de masse corporelle, facteur de risque connu du développement de l'arthrose, elle pourrait diminuer le risque de développer cette dégénérescence et même être protectrice (Williams, 2007). Enfin, les variations de pression émises sur le cartilage lui permettent de se nourrir à travers les vaisseaux traversant les os sous-jacents. Les muscles sont aussi plus forts, plus souples, plus endurants et mieux coordonnés. Ceci favorise un mouvement plus harmonieux (Hansen et al., 2012).

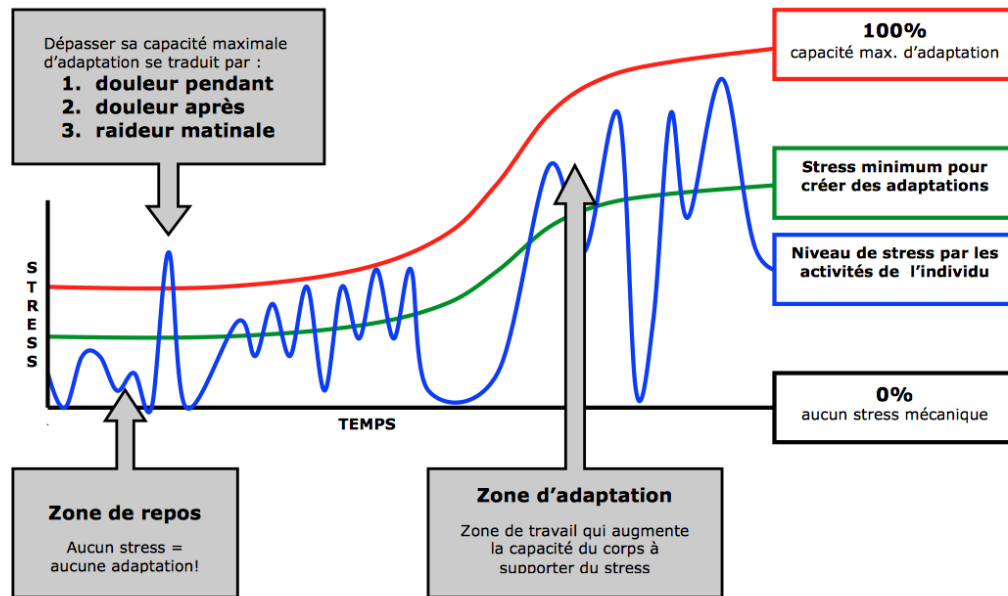
Comme nous venons de l'expliquer, la course à pied a des effets positifs sur le corps humain et pourtant elle peut aussi avoir des effets néfastes. La traumatologie du membre inférieur dans la course à pied est de plus en plus répandue et serait liée à une pratique intensive. Les blessures dites de « surutilisation » causées par la course à pied sont devenues « banales » avec une incidence de 18,2% à 92,4% relevée par une revue systématique de 2012 menée par Lopes et al. Ces résultats démontrent l'hétérogénéité des définitions du mot « blessures », de leur diagnostic et des caractéristiques propres à chaque individu. La cause de ces blessures serait la répétition de microtraumatismes subis par la structure musculo squelettique sur une longue durée (Marti, Vader, Minder, & Abelin, 1988). Elles pourraient alors augmenter le risque de développer de l'arthrose (Cymet & Sinkov, 2006). L'intensité de l'effort et le niveau de performance contribueraient au risque de développer de l'arthrose (Hunter & Eckstein, 2009). Or, certains articles démontrent l'inverse en évoquant l'absence de corrélation entre la

fréquence des marathons courus, leur intensité et l'augmentation du risque de développer de l'arthrose (Williams, 2013).

2.1.3.2. Facteurs de risques des pathologies de sur-usage liées à la course à pied

Il est connu que les blessures des membres inférieurs sont un facteur de risque d'arthrose (Gillespie & Porteous, 2007; Hohmann & Bryant, 2006; Östör & Conaghan, 2006). Deux modèles de pensées s'affrontent. Le premier étant le modèle mécanique selon lequel un stress ou une surutilisation sur le corps humain provoque une dégénérescence, à laquelle il faut répondre en changeant une pièce (analogie à la mécanique d'une voiture). Il a été suggéré, par exemple, que de diminuer le volume hebdomadaire de course à pied pourrait éviter la survenue de blessures (Fields, Sykes, Walker, & Jackson, 2010). Plusieurs études s'accordent sur le lien entre un kilométrage important par semaine et un haut risque de blessures (Fields et al., 2010; van Gent et al., 2007). Cependant, une revue avance que le risque relatif de blessures ou RRI (running-related injury) par 1000 heures de course à pied diminue si le volume de course est augmenté. Le risque serait moins élevé chez les marathonniens que chez les débutants (Nielsen, Buist, Sorensen, Lind, & Rasmussen, 2012). De plus, un coureur se préparant à un marathon développera moins de blessures si son volume de course hebdomadaire passe de 15 km à 37 km (Bovens et al., 1989). Cela signifierait qu'un marathonien devrait augmenter son volume hebdomadaire avant de courir un marathon afin de diminuer le risque de se blesser.

Ce point de vue correspondrait à celui du modèle biologique signalant qu'un stress externe engendre un remodelage et donc une adaptation du corps (Dubois, 2010). Il existerait une fenêtre où se situe la charge optimale (« optimal loading window») pour maintenir nos tissus en santé. Celle-ci se caractérise par des impacts répétés selon une certaine magnitude, durée et fréquence (Hardin, van den Bogert, & Hamill, 2004). Néanmoins, ces variables et leurs interactions ne sont pas bien élucidées. Dubois (2010), lui, parle de « quantification du stress mécanique » soit un ratio charge/capacité dont les attributs ne sont pas non plus clairement définis. Il est seulement indiqué qu'une surcharge se traduirait par une douleur pendant et après l'effort, ainsi qu'une raideur matinale. Toutefois, il semblerait que sur de longues distances, les coureurs se rapprochent de la limite saine de cette fenêtre (Hardin et al., 2004).



Tiré de : Dubois, 2010

Selon Dubois (2010), 80% des blessures de sur-usage du système locomoteur suite à la course à pied sont dues à une mauvaise quantification du stress mécanique. D'autres paramètres comme la souplesse, la force musculaire, l'alignement du quadrant inférieur, l'indice de masse corporel élevé, un antécédent de blessure articulaire, les chaussures ou encore le terrain rentrent en compte pour expliquer les 20% restants (Dubois, communication personnelle [conférence], 28 janvier 2013). La prise en charge physiothérapeutique devrait donc être attentive à tous ces facteurs.

2.2. Cadre théorique de l'arthrose

2.2.1. L'arthrose

L'arthrose est une maladie chronique non inflammatoire. Elle est considérée comme l'arthropathie la plus fréquente. La gonarthrose et la coxarthrose sont les formes de la maladie les plus représentées car ces articulations soutiennent le poids du corps (Zeller & Sukenik, 2008). La cause de l'arthrose est inconnue, mais il semblerait que certaines enzymes (métallo protéinases) puissent avoir un rôle dans la destruction du cartilage articulaire. Celui-ci est composé de chondrocytes (5%), de collagènes (15%), de protéoglycanes (5%) et d'eau (environ 75%). Les protéoglycanes ont pour but de fixer l'eau dans un réseau de fibres de collagènes. Lors d'un mécanisme arthrosique, les

protéoglycanes puis les fibres de collagènes se voient altérées. Trois phases distinctes sont décrites du point de vue anatomo-pathologique:

- 1) Œdème et lésions microscopiques
- 2) Fissures et effilochage cartilagineux
- 3) Fragmentation du cartilage et réaction osseuse débutante

L'apparition de sclérose sous-chondrale et d'ostéophytes est fréquente dans le processus arthrosique (Villiger & Seitz, 2008). Les excroissances osseuses se développent petit à petit et augmentent le volume des extrémités osseuses. Des symptômes de raideurs matinales apparaissent alors et les amplitudes de mouvement sont diminuées. Par ailleurs, le frottement des deux surfaces articulaires irrégulières peut mener à une sorte de craquement au mouvement appelé crépitation. L'arthrose est retrouvée majoritairement dans les zones articulaires où l'orientation des forces est inégale. Son évolution est lente et irréversible (Marieb & Hoehn., 2010). A long terme, toutes les structures de l'articulation synoviale seront incriminées : les ménisques, le cartilage hyalin, l'os sous-chondral, les ligaments et les muscles péri-articulaires. Le mécanisme de l'arthrose se manifeste lors de déséquilibres entre le système de dégradation et le processus de réparation (Östör & Conaghan, 2006). A noter que l'intensité des douleurs n'est pas corrélée à l'état de destruction de l'articulation. Le cartilage n'étant pas innervé, les causes des douleurs sont souvent multifactorielles : synoviale, osseuse voire abarticulaire (tendinites, bursites, kyste poplité et lésions dégénératives méniscales) (Loeuille et al., 2006).

2.2.2. Prévalence et gonarthrose

La gonarthrose touche préférentiellement et plus sérieusement les femmes et s'accroît avec l'âge (Villiger & Seitz, 2008). En 2010, elle touche environ six millions de personnes en France et quinze millions dans l'union européenne (Marieb & Hoehn, 2010). Dans le monde du sport, la prévalence de la gonarthrose est très étudiée. Malgré cela, les chiffres divergent en fonction de la définition de l'arthrose retenue et de différents paramètres tels que le type de sport, la fréquence d'entraînement ou encore le niveau du sportif. Une prévalence de 14 à 20 % a été relevée chez une population d'anciens coureurs à pied ayant une moyenne d'âge de 50 à 70 ans (Ziltener, Leal & Borloz, 2012).

2.2.3. Facteurs de risques

2.2.3.1. Facteurs de risques locaux

Les déviations de l'axe fémur-tibia sont susceptibles d'entraîner une augmentation de la pression sur un des compartiments du genou et favoriser ainsi une dégradation chondrale. Par ailleurs, une laxité antéro-postérieure pourrait également être incriminée dans l'arthrose (Östör & Conaghan, 2006). De plus, si un genou a été lésé dans le passé (par exemple une rupture du ligament croisé antérieur ou une atteinte aux ménisques), on observe un risque accru de développer de l'arthrose. De surcroît, un déconditionnement musculaire (faiblesse, déficit de proprioception) suite à une blessure ou à une chirurgie subséquente, conduirait à un développement d'arthrose (Hohmann & Bryant, 2006). La masse musculaire semble être un facteur important dans le maintien du volume cartilagineux (Loeuille et al., 2006). Enfin, une diminution de l'extensibilité des ischio-jambiers augmente la charge occasionnée sur l'articulation du genou. Ce facteur de risque devrait être pris en charge afin de réduire le risque d'arthrose et de blessures (Messier et al., 2008).

2.2.3.2. Facteurs de risques systémiques

Quant aux facteurs systémiques, il s'agit de la génétique, de la surcharge pondérale et des facteurs métaboliques (arthropathie microcristalline, diabète, hémochromatose) (Villiger & Seitz., 2008). D'après l'étude d'Östör et al., un lien génétique est présent dans 20% des arthroses (Östör & Conaghan, 2006). L'obésité de par l'augmentation de la pression sur l'articulation encourage la dégradation chondrale (Gillespie & Porteous, 2007; Hohmann & Bryant, 2006; Östör & Conaghan, 2006).

2.2.4. L'arthrose et l'activité

L'action répétitive de l'agenouillement, de l'accroupissement ou du port de charges lourdes pourrait encourager l'apparition d'arthrose. Cette corrélation est notamment observée lorsque ces activités sont requises dans l'exercice d'une profession (Östör & Conaghan, 2006). Quant aux sports, ils sont sujets à controverses. Certaines sources (Roos, 1998 ; Ziltener et al., 2012) certifient l'augmentation du risque d'arthrose par les micros-traumatismes répétés sur l'articulation, alors que d'autres sources réfutent cette thèse (Zeller & Sukenik, 2008). Les sports les plus à risque sont les sports collectifs qui impliquent des forces en torsion et un risque accru de blessures (Östör & Conaghan,

2006; Ziltener et al., 2012). Schäfer et Dreinhöfer (2009) ont élaboré un tableau présentant différents sports en fonction du risque d'arthrose sur le membre inférieur:

Sports à faible risque	Sports à risque modéré	Sport à haut risque
Natation pour le loisir, golf, nordic walking, aérobic dans l'eau, vélo d'appartement, rameur, gymnastique	Aérobic fitness, bowling, vélo, voile, escrime, tennis de table, haltérophilie, ski de fond, roller	Football, tennis, sprint, handball, basket, disciplines de saut et de lancer

Le sport de loisir adapté au sportif ne serait pas incriminé dans l'arthrose. Au contraire, il permettrait de garder les articulations en force et en santé comme le concluent Hohman et Bryant (2006): « Steady, slowly built up, regular exercices, adequate rest and timely recovery from injury will be healthy for your joints ». Ce qui signifie : des exercices, progressifs et réguliers, le repos nécessaire et un rétablissement dans le délai opportun seront bons pour vos articulations (Hohmann et al., 2006, traduction libre).

2.2.5. Signes précurseurs de l'arthrose

Afin de détecter l'arthrose dès son commencement, nous nous sommes ensuite demandé quels en seraient les signes précurseurs dans une articulation. La littérature a pu nous renseigner à ce propos. En effet, une étude estime que le volume du cartilage et son épaisseur peuvent être utilisés afin d'évaluer l'effet d'une charge compressive sur l'articulation (Mosher, Liu, & Torok, 2010). L'atteinte de l'intégrité du cartilage est donc un indice de dégradation de l'articulation.

Ensuite, il a été prouvé que la course sur longue distance pouvait révéler un œdème de la moelle osseuse à l'IRM. Ces signes sont des marqueurs potentiels du stress subi par l'os suite à cette activité (Lazzarini, Troiano, & Smith, 1997; Lohman et al., 2001). D'après Loeuille et al. (2006), l'œdème osseux souvent lié à des symptômes douloureux, pourrait correspondre à des micros fractures de l'os trabéculaire et/ou à des processus d'hyper remodelage osseux survenant après une sur sollicitation de l'os. De plus, une autre source annonce que l'intégrité du cartilage et l'œdème de la moelle osseuse semblent être des facteurs prédictifs d'un remplacement total du genou (Hunter et al., 2011). Ces travaux démontrent la relation étroite entre l'os et le cartilage dans le

développement de l'arthrose. Ils permettent de confirmer l'effet délétère d'un œdème de la moelle osseuse sur la progression de lésions cartilagineuses (Loeuille et al., 2006).

Quant à l'effusion articulaire, son rôle dans la progression de la perte cartilagineuse est controversé. On retrouve une augmentation du liquide intra articulaire dans la majorité des arthroses. Aujourd'hui, il est difficile de statuer si cet amas liquidien encourage l'altération du cartilage ou si ce n'est que le fruit de la destruction cartilagineuse (Loeuille et al., 2006).

L'implication des ménisques dans l'arthrose n'est plus débattue. La présence de lésions méniscales (par exemple une subluxation, un affaissement) ou encore l'existence de lésions dégénératives du ménisque (altération du signal) sont maintenant reconnues comme facteurs de risque de progression de la destruction chondrale (Risque Relatif = 2). Le ménisque protège le cartilage en améliorant la répartition de la charge sur la surface articulaire (Loeuille et al., 2006).

Enfin, les ligaments péri-articulaires permettent de lutter contre les forces destructives sur l'articulation. Une fois lésés, ils favoriseraient donc l'apparition d'arthrose dans la course à pied (Hansen et al., 2012).

Nous avons ainsi choisi d'analyser ces différents outcomes : l'intégrité du cartilage, la présence d'œdème de la moelle osseuse, l'effusion intra articulaire, l'intégrité des ménisques et les ligaments croisés/collatéraux. Ces derniers sont les plus représentés dans la littérature et sont présents dans la majorité de nos articles (au minimum dans quatre sur cinq). Nous avons choisi de ne pas considérer les outcomes suivants: réaction périostée, intégrité de la bandelette ilio-tibiale, tendon patellaire. En effet, ces derniers étaient moins représentés dans nos articles et nous n'avons pas trouvé de justification dans la littérature scientifique quant à leur rôle dans l'apparition d'arthrose précoce.

2.3. Cadre théorique sur l'imagerie médicale

2.3.1. La radiographie

La radiographie est souvent employée dans le diagnostic et le suivi de la gonarthrose. En effet, elle peut mettre en évidence des données relatives à la structure osseuse (corticale et trabéculaire) grâce à son haut niveau de résolution et de contraste (Peterfy

et al., 2004). Certains signes d'arthrose seront recherchés comme les ostéophytes, les géodes sous-chondrales, le pincement articulaire ou encore la condensation des berges articulaires (Hochberg et al., 2012). Néanmoins, ce sont des signes qui ne se prononcent que tardivement dans l'arthrose. Ainsi, la radiographie ne serait alors pas assez sensible et ne pourrait détecter que le rétrécissement de l'espace intra-articulaire et les changements structuraux de l'os. Ces données ne seraient donc que les interprétations d'une diminution du cartilage hyalin (Li et al., 2007). De plus, l'arthrose est une pathologie qui englobe la totalité de l'articulation, alors que les rayons X ne peuvent mettre en évidence, de manière directe, les structures articulaires non-ossifiées comme le cartilage articulaire, la moelle osseuse, les ménisques, les ligaments collatéraux et croisés, la synovie, les tendons péri articulaires et les muscles. Cette technique se révèle donc insuffisante pour l'analyse de la structure articulaire complète (Peterfy et al., 2004).

Enfin, la radiographie est couramment employée pour mesurer l'alignement statique du membre inférieur. Ce dernier semble important compte-tenu de son rôle dans la progression de l'arthrose du genou comme vu précédemment. Au niveau du genou, l'alignement hanche-genou-cheville semble être déterminant quant à la répartition du poids sur la jonction articulaire (Gibson et al., 2012; Östör & Conaghan, 2006).

2.3.2. L'imagerie à rayonnement magnétique

2.3.2.1. Bases de l'imagerie par résonance magnétique (IRM)

L'IRM présente trois éléments centraux : un champ magnétique, des ondes par radiofréquence et des protons. Ces derniers ont trois particularités. Ils spinnent, c'est-à-dire qu'ils tournent sur eux-mêmes, ils précessent (tournent autour d'un axe) et ils passent de basse à haute énergie. Le champ magnétique guide tous ces noyaux d'atomes d'hydrogène dans la même direction. Les protons alignent alors leur spin mais continuent de précesser pour leur compte. Une fois excités par des ondes de radiofréquence, ils peuvent entrer en résonance². Les noyaux d'hydrogène se mettent en phase puis passent de basse à haute énergie. Lorsque l'impulsion par radiofréquence est suspendue, le système rejoint un état d'équilibre. Un processus de déphasage est suivi

² « Transfert d'énergie entre deux systèmes oscillants à la même fréquence. » (Coussement, 2008)

d'un processus de relaxation. Le déphasage correspond au signal IRM recueilli. Les protons cessent de précesser uniformément. Cet instant appelé « temps de relaxation » T2 coïncide avec le moment où 63% des protons sont déphasés. Puis vient le temps de relaxation T1. C'est la durée nécessaire pour que le tissu retrouve 63% de sa position d'équilibre.

Le temps de relaxation T1 est différent selon les milieux. Dans un solide ou dans la graisse, le temps de relaxation est court et le signal élevé dû au réseau moléculaire dense. Alors que dans le liquide, le signal est bas et le temps de relaxation long car les échanges d'énergies sont plus lents. La relaxation T1 rho est une image en densité de protons qui permet de faire apparaître les concentrations d'hydrogène. Le signal T2 est, lui aussi, sensible aux tissus biologiques. Le signal sera plus court et donc moins intense dans du solide que dans du liquide où les spins continuent plus longtemps.

2.3.2.2. IRM et arthrose

L'imagerie par résonance magnétique (IRM) est devenue la technique de choix pour analyser les structures articulaires et l'apparition d'arthrose (Peterfy et al., 2004). Elle permet d'apprécier différents phénomènes survenant dans l'arthrose : atteinte de l'intégrité du cartilage, phénomènes inflammatoires synoviaux (épaississement synovial et épanchement), atteintes ligamentaires et osseuses (œdème) (Loeuille et al., 2006).

Cette technique présente différents avantages. Tout d'abord, elle n'émet aucun rayonnement ionisant. Ensuite, sa perspective de visualisation tomographique évite la distorsion morphologique, l'agrandissement et la superposition des structures contrairement à la radiographie (perspective de vue en projection). De plus, l'IRM permet de différencier les divers tissus d'une jonction articulaire, contrairement à la radiographie ou au scanner (Peterfy et al., 2004). La discrimination des différents types de tissus mous peut être appréciée à travers les images T1 et T2. Sur les séquences pondérées T1, le cartilage est en hypersignal (couleur claire) alors que le liquide synovial et l'os sous chondral sont plus sombres (hyposignal). Cette séquence est souvent utilisée pour étudier le volume et l'épaisseur du cartilage genou, car elle permet de contraster le cartilage avec les structures adjacentes. Les séquences pondérées T2 mettent en évidence les œdèmes en hypersignal, alors que le cartilage est en hyposignal, ces séquences sont utiles pour mettre en évidence un œdème osseux (Loeuille et al., 2006).

De plus, l'IRM permet d'évaluer les changements biochimiques, structurels et mécaniques du cartilage (Chan & Neu, 2013). Les changements biochimiques du cartilage, suite à une atteinte articulaire, peuvent être une diminution des protéoglycans, ainsi que des changements dans la quantité d'eau et des molécules de collagène (Rauscher et al., 2008). Selon plusieurs études qui évaluent les séquences T1 rho et T2 (Li et al., 2007; Regatte, Akella, Lonner, Kneeland, & Reddy, 2006), ces séquences pourraient déterminer les changements biochimiques qui ont lieu dans la matrice extra cellulaire suite à une atteinte du cartilage précoce.

Avec un seul examen, l'IRM mesure l'ensemble des anomalies articulaires propres à l'arthrose, ce qui n'était pas possible avec la radiographie standard ou le scanner (Loeuille et al., 2006). La revue systématique de Hunter et al. (2011) conclut que l'IRM est la meilleure façon de mesurer la présence d'arthrose, car elle permet de visualiser les nombreux tissus touchés par cette dégénérescence.

2.3.2.3. Validité de l'IRM

L'IRM a su prouver sa haute validité et sa précision (Kessler, Glaser, Tittel, Reiser, & Imhoff, 2006). Sa sensibilité pour détecter des changements mineurs dans l'os et le cartilage a été démontrée (Lazzarini et al., 1997). L'utilisation d'une méthode non-invasive pour déceler l'apparition des changements précoces dans la jonction articulaire, peut favoriser une meilleure prise en charge du patient, tant dans l'élaboration rapide d'un traitement, que dans le suivi de l'évolution structurale.

2.4. La place du physiothérapeute

Le rôle du physiothérapeute dans la thérapie du sport est de promouvoir l'activité physique, de prévenir le risque d'apparition ou d'aggravation de blessures et enfin, de les réhabiliter dans un contexte d'urgence et de suivi à long terme. Ils sont en première ligne pour informer la population des bienfaits et méfaits d'une activité comme la course à pied.

Il est souvent rappelé que pratiquer une activité sportive de façon peu appropriée peut mener vers une arthrose précoce. Le physiothérapeute peut proposer des données plus fiables quant au kilométrage hebdomadaire, à la vitesse, au schéma de course ou au type de chaussage en se basant sur la littérature actuelle (Ziltener, 2014). Il joue un rôle dans la santé des coureurs, à travers une prise en charge adéquate des blessures musculo-

squelettiques, l'encouragement du maintien d'un indice de masse corporelle optimal, la correction des défauts de marche liés à une raideur, à un manque de force ou encore au faible contrôle moteur (Hansen et al., 2012). De plus, il est à même de pouvoir conseiller le patient dans sa reprise d'activité sportive et de lui enseigner le geste mécanique le plus adéquat.

Il est nécessaire de rendre le patient acteur principal dans la prise en charge de sa santé. Courir de manière adaptée et régulièrement permettrait de diminuer la survenue de pathologies (Dubois, 2010). « Notre rôle est de faire prendre conscience aux sportifs chevronnés, aux impétrants comme aux aspirants de l'activité physique intense, de l'intérêt de pratiquer un sport bien conduit autant que des dangers qu'en recèlent les pratiques anarchiques et souvent dangereuses » (Magnin & Cornu, 1997).

III. Problématique

Il existe des controverses concernant la course à pied à haut volume et la gonarthrose. Certains affirment que cette course sur longue distance augmenterait le stress sur l'articulation par la répétition des impacts en charge (Cheng Y, Macera CA, Davis DR, et al., 2000 ; Schäfer & Dreinhöfer, 2009). D'autres sources ne soulignent aucun lien entre la dégradation du cartilage et la course sur longue distance (Chakravarty, Hubert, Lingala, Zatarain, & Fries, 2008; Lane, Oehlert, Bloch, & Fries, 1998). Schmitt et al. dans leur étude sur vingt-deux anciens coureurs d'élite concluent que la gonarthrose est rare chez une population d'anciens marathoniens (Schmitt, Rohs, Schneider, & Clarius, 2006). Toutefois, la littérature semble s'accorder sur l'absence de corrélation entre la course à pied à volume faible ou modéré et l'arthrose.

Face à cette littérature scientifique de faible niveau de preuve (pas de revue systématique ni de méta-analyse sur le sujet) et dont les résultats divergent, il est alors difficile de savoir où se placer en tant que thérapeute afin de conseiller au mieux nos patients. En effet, les marathoniens ne sont plus une caste d'élite. Le marathon est devenu commun et la patientèle des physiothérapeutes est devenue potentiellement « marathonnienne ». Désirant pouvoir donner des réponses à nos futurs patients quant aux questions soulevées, nous avons établi notre question de recherche :

En se basant sur l'imagerie médicale, le marathon est-il réellement un facteur de risque de développer des signes précurseurs de gonarthrose chez des marathoniens (professionnels et non) ?

Voici notre PICO modifié:

P = marathoniens (professionnels et non)

I = course de longue distance de type marathon

O = IRM des paramètres suivants : cartilage, moelle osseuse, effusion intra articulaire, ménisques, ligaments collatéraux et croisés.

Nous voudrions faire un état des lieux de la littérature par des articles utilisant tous l'IRM, de manière à uniformiser nos données. Le but serait d'aiguiller les patients et d'offrir une prise en charge adaptée, centrée sur la prévention et la promotion de la santé.

IV. Méthodologie

4.1. Recherche d'articles

Pour commencer, nous avons défini les bases de données utilisées. Nous avons effectué nos recherches à travers *Medline via PubMed, Cinahl plus with Full Text, Ebsco SportDiscus, the Cochrane Library, Kinédoc* ainsi que *PEDro* de façon à réunir un maximum de littérature sur le sujet. Nous nous sommes intéressées à des études quantitatives avant-après.

Par la suite, nous avons construit notre équation de recherche [**Annexe 1**]. Pour cela, nous avons tout d'abord traduit nos mots-clés en anglais à l'aide du Grand Dictionnaire Terminologique. Puis, nous avons défini les différents thesaurus en fonction des bases de données. Nous avons séparé nos recherches en trois axes : le sport, la localisation, la pathologie, soit : la course à pied sur longue distance, le genou et l'arthrose. Le descriptif des différents thesaurus est détaillé en annexe.

Nous avons utilisé les mêmes thesaurus pour chaque base de données. Toutefois, si un thesaurus était assimilé à un autre terme, nous l'avons enlevé afin d'alléger l'équation.

Nous avons ajouté à notre équation, tous les termes utilisés en « mots-libres » afin d'élargir nos recherches. Nous avons gardé les mêmes mots-clés dans les différentes bases de données afin de garder une certaine synergie. « Running, long distance running, long distance, marathon, long distance runner/ knee, knee joint, joint knee/ arthritis, osteoarthritis, joint disease » ont été retenus soit en regardant la méthodologie des articles sur le sujet, soit en étudiant les « subheadings » des différents thesaurus, soit en se basant sur les thesaurus. Toutefois, l'équation étant trop riche pour la base de données PEDro, nous l'avons simplifiée avec les trois axes de recherches : « arthritis, knee, running ». Pour les bases de données francophones, les mots : « arthrose, genou et course-à-pied » ont été retenus.

Nous avons utilisé la troncature « * » à la fin de chaque mot libre afin d'inclure les pluriels de ceux-ci.

Ensuite, nous avons relié tous les termes recensant un même domaine par l'opérateur booléen « OR » afin d'élargir nos recherches. Ainsi, les mots axés autour du sport étaient regroupés ensemble et de même pour la pathologie/ la localisation. Les trois axes de recherches ont été liés par l'opérateur booléen « AND ».

Les guillemets, quant à eux, limitaient notre recherche sur la base de données Pubmed. Par soucis d'uniformité entre les différentes bases de données et ne voulant pas restreindre notre recherche, nous avons enlevé tous les guillemets de notre équation.

4.2. Sélection d'articles

Par la suite, nous avons défini nos critères d'inclusion / d'exclusion afin de sélectionner nos articles:

Critères d'inclusion	Critères d'exclusion
Hommes et femmes > 18ans	Animaux, enfants
Etude quantitative de design avant-après avec ou sans groupe contrôle de non coureurs ou coureurs novices	

Répondant à la question de recherche : <ul style="list-style-type: none"> - Population de marathoniens - Intervention marathon - Outcomes se rapportant aux signes précurseurs d'arthrose : intégrité du cartilage, œdème de la moelle osseuse, effusion intra-articulaire, ménisques, ligaments croisés/collatéraux - Outil de mesure : IRM 	
Abstract disponible sur internet	Abstract non disponible
Information sur le nombre de kilomètres courus donnée	Distance non précisée
Langue : anglais, français, allemand, espagnol	Autres langues

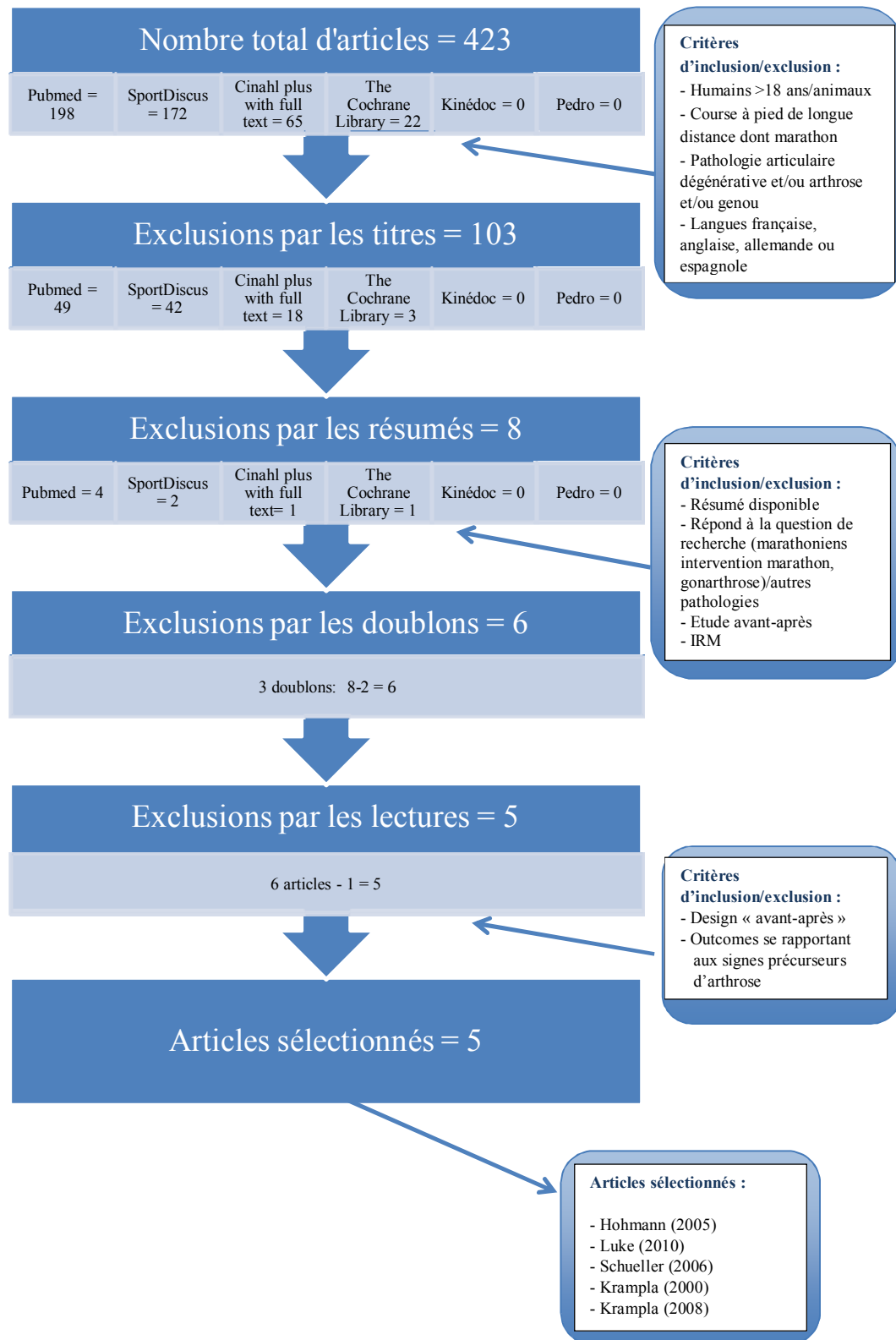
Nous avons poursuivi notre sélection d'articles en effectuant un tri ensemble en fonction des titres. Si le titre ne correspondait pas à nos critères d'inclusion, nous avons exclu l'article. Puis, nous avons fait de même avec les résumés de chaque article. Ensuite, nous avons enlevé les doublons manuellement.

Nous nous sommes retrouvées avec un total de six articles. Lors de la lecture de ceux-ci, nous nous sommes aperçues que deux des six articles avaient le même auteur. Ces deux études menées par Hohmann et son équipe (Hohmann, Wörtler, & Imhoff, 2004, 2005) ont employé la même population et les mêmes résultats rédigés en anglais pour l'une et en allemand pour l'autre. En effet, l'étude faite en 2005 a seulement enrichi l'étude précédente d'un groupe de coureurs débutants. Afin de ne pas être redondantes, nous avons décidé d'exclure la première étude et de garder la deuxième (en allemand). Ainsi, nous avons pu exploiter des notions supplémentaires quant aux données du groupe contrôle (groupe débutant) lors de la discussion. Au final, nous nous retrouvons avec un total de cinq articles. Nous les avons décrits brièvement dans le **Tableau 1**.

Krampla a mené deux études à dix ans d'intervalle (Krampla, Mayrhofer et al., 2000; Krampla, Newrkla, Kroener, & Hruby, 2008). La deuxième reprend la population de l'étude 1 et désire évaluer les impacts de la course à pied dix ans post marathon (intervention de la première étude). Nous avons choisi d'assembler ces deux études en une et de considérer la deuxième comme un follow-up de la première.

La procédure qui nous a permis d'identifier les articles inclus dans notre revue est résumée par la **Figure 1**.

Figure 1 : Organigramme du choix des articles



4.3. Extraction des données

4.3.1. Tableaux d'extractions des données

Nous avons pris le soin de composer un tableau d'extraction des données à deux dans le but de faciliter l'analyse des données. Ensuite, nous nous sommes répartis les articles afin de les lire et remplir le tableau de façon individuelle. Si des questionnements apparaissaient, nous nous concertions en binôme dans le but de trouver un consensus. Tous nos tableaux se trouvent en annexe [**Annexe 2**].

4.3.2. Extraction des données par outcomes

Nous avons soulevé différentes façons d'analyser les outcomes en fonction des auteurs. Nous avons détaillé par outcome la façon de procéder de chacun. En annexe, se trouve la répartition des outcomes dans les différents articles [**Annexe 3**].

Concernant les deux études de Krampla et al. (2000, 2008), nous avons dû compléter les données du premier article de Krampla et al. par les résultats de leur deuxième étude. En effet, cette dernière nous donnait des données plus précises. Néanmoins, nous avons remarqué des incohérences entre les deux articles. Dans ce cas, nous avons favorisé les résultats, plus complets, de la deuxième étude.

4.3.2.1. L'intégrité du cartilage

Pour analyser l'impact du marathon sur l'intégrité du cartilage comme signe précurseur d'arthrose, différentes façons de procéder ont été entreprises par les auteurs. Le détail des différentes échelles de cotation est présenté en annexe [**Annexe 4**].

Dans le but de comparer des résultats plus uniformes, nous avons élaboré une échelle adaptée qui prenait en compte les différentes méthodologies des auteurs. Nous nous sommes rendues compte qu'il était impossible d'inclure l'étude d'Hohmann et al. (2005) et de Luke et al. (2010). En effet, l'étude d'Hohmann et al. (2005) considère l'intégrité du cartilage dans un système global comprenant divers paramètres. Il n'y avait pas assez d'informations quant à l'intégrité du cartilage seule. Nous avons donc décidé de garder la gradation choisie par les auteurs de cette étude.

Concernant l'article de Luke et al. (2010), il n'est pas précisé de quel IRM (pré, post ou follow-up) les résultats sont tirés. Nous savons juste qu'il existe des changements dans

la surface articulaire de certains participants. Dès lors, nous avons analysé les données de l'article selon les séquences T1 rho et T2. En effet, ces données décrites précisément dans l'article évaluent la matrice cartilagineuse. Néanmoins, des incohérences dans les résultats sont visibles entre les paragraphes. Nous avons choisi de relever toutes les données disponibles, depuis le descriptif de l'analyse temporelle (pré et post marathon), et de les compléter par le paragraphe de l'analyse comparative entre les deux groupes pour T2.

Notre échelle est composée de cinq grades :

Grade 0	aucune lésion
Grade 1	régions lésées définies par une irrégularité de l'intensité du signal de la matrice cartilagineuse mais avec une surface articulaire intacte
Grade 2	lésions cartilagineuses visibles sur moins de 50% de l'épaisseur de la surface articulaire
Grade 3	lésions cartilagineuses visibles sur 50% ou plus de l'épaisseur de la surface articulaire
Grade 4	lésion complète de l'épaisseur du cartilage articulaire exposant l'os sous-chondral

Afin de permettre une analyse des résultats plus lisible et visuelle, nous avons élaboré des graphiques à bâtons. Le nombre de coureurs répartis par grade est évalué en fonction de l'aspect temporel (pré-marathon, post-marathon et suivi éventuel). Pour les données complémentaires de Luke et al. (2010), nous avons créé des graphiques à courbes multiples avec marqueurs.

4.3.2.2. Œdème dans la moelle osseuse

Afin d'évaluer cet outcome de manière uniforme entre les articles, nous avons élaboré une échelle réunissant nos cinq études. Cette échelle comporte deux modalités : présence ou absence d'œdème de la moelle-osseuse selon l'augmentation du signal IRM. Ainsi, un 0 ne signifie aucun œdème alors qu'un 1 souligne la présence de l'outcome.

Nous n'avons pas pu établir d'échelles par grades de par la diversité des analyses retrouvées dans chaque article. En effet, chaque article a une façon différente de l'interpréter. Hohmann et son équipe de recherche (2005) intègrent l'analyse des

œdèmes dans leurs grades prenant en compte différents paramètres (cartilage, effusion, ...). L'étude de Luke et al. (2010) se base sur la table de classification semi-quantitative évaluant les signes d'arthrose perçus par IRM : Whole-Organ Magnetic Resonance Imaging Score (WORMS) [Annexe 5]. L'équipe de Schueller (2006), quant à elle, identifie des « types » spécifiques aux œdèmes de la moelle osseuse selon la localisation de l'hyper intensité du signal STIR. Enfin, nos deux dernières études (Krampla et al., 2000, 2008) observent l'augmentation du signal T2 et indiquent les changements entre les différents IRM par zones touchées.

Nous avons ensuite construit des graphiques sous forme de bâtons avec la mention « oui » si un œdème était retrouvé chez un participant et « non » en cas contraire.

4.3.2.3. Extraction des données des autres outcomes

Nous avons fait le choix de ne pas agréger les résultats des derniers outcomes, soit l'effusion intra articulaire, les ménisques et les ligaments croisés/collatéraux sous forme de graphiques. En effet, nous ne voulions pas exclure d'informations dans leurs façons d'analyser de manière détaillée qui sont fortement divergentes entre chacun. Certains de nos auteurs ont employé des classifications par grades (Schueller et al., 2006) alors que d'autres ont observé seulement la présence ou non d'un paramètre changé (Krampla et al., 2000, 2008). Ainsi, nous avons détaillé, sous forme de texte, chaque moyen de cotation utilisé et les valeurs qui en ont résultées dans notre analyse de résultats. A noter que, pour l'outcome effusion intra articulaire, la rubrique « Résultats » de l'étude de Schueller et al. (2006) n'est pas similaire à la rubrique « Méthodologie ». Des grades 1 et 2 sont cités, alors que des grades 0 et 1 sont employés dans leur méthode. Nous avons choisi la gradation des « Résultats » pour obtenir des données cohérentes et attribuer un grade 0 lorsqu'aucune effusion n'était perceptible.

4.4. Evaluation de la qualité

L'analyse de la qualité des articles s'est faite grâce à l'utilisation d'une échelle nommée MINORS soit « Methodological index for non-randomized studies : development and validation of a new instrument ».

Même si elle n'a pas été créée spécifiquement dans ce but, elle convient tout à fait au domaine paramédical. Elle s'adresse aux études non randomisées. De plus, elle

regroupe selon nous trois avantages : inclure les études avec ou sans groupes contrôles, sa simplicité avec douze items facilement utilisables par les lecteurs d'articles ou les chercheurs et sa validité comme le démontre l'étude menée par Slim et al. (2003). La fiabilité inter-lecteur, la cohérence interne et la validité externe pour détecter un excellent essai ont été prouvées.

Les douze items que présente l'échelle MINORS sont rédigés en anglais et sont répartis selon deux groupes : les huit premiers concernent les études non-comparatives, alors que les quatre derniers s'adressent aux études comparatives. La grille dans sa forme complète se trouve en annexe avec l'accord des auteurs [**Annexe 6**]. Les scores attribuables vont de zéro à deux ; zéro pour un item non reporté, un pour un item reporté mais non adéquat et deux pour un item reporté et adéquat. Le score maximal pour des études non-comparatives sera de seize et de vingt-quatre pour des études comparatives.

A noter que l'échelle MINORS ne mentionne pas une manière d'interpréter les résultats obtenus. Nous nous concentrerons donc sur les résultats absolus.

Nous avons, tout d'abord, coté nos articles selon l'échelle MINORS chacune de notre côté, puis nous avons mis en commun nos points de vue afin d'obtenir une analyse homogène. Un débat a été ouvert dans le but de trouver un consensus. De plus, la grille n'a pas été utilisée pour la sélection des articles, mais pour évaluer la qualité des articles retenus.

V. Résultats

Cette rubrique débute par la description détaillée de nos cinq articles sélectionnés (**tableau 1**) puis se poursuit par les résultats de l'analyse de la qualité de ceux-ci. Enfin, les résultats des études sont détaillés par outcome.

Tableau 1 : Articles inclus dans notre revue

Auteurs / Pays	Design	Outcomes évalués	Population	Intervention	Protocole IRM	Objectif
Hohmann, E., Wörtler, K., Imhoff, A. (Allemagne/Australie)	Cohorte Avant-après	Cartilage / moelle osseuse / effusion / périoste Données supplémentaires (RX) : alignement osseux	7 débutants 6 marathonniens non professionnels 2 professionnels	Marathon de Munich	Pré : 72h à 96h Post : 48h à 72h	Investigation des effets d'un marathon, course de longue distance sur l'os et le cartilage, chez différentes populations : débutants, confirmés, professionnels à l'aide d'un IRM et de radios.
Luke, AC., Stehling, C., Stahl, S., Li, X., Kay, T., Takamoto, S., Ma, B., Majumdar, S., Link, T. (Amérique du Nord)	Cohorte Avant-après	Cartilage / matrice cartilagineuse / moelle osseuse / morphologie grossière	10 marathonniens 10 débutants	Marathon sauf groupe contrôle	Pré : 2 semaines Post : 48h (marathonniens) Suivi : 10 à 12 semaines	Investigation des effets d'un marathon, course de longue distance sur la composition biochimique du cartilage articulaire en utilisant une IRM quantitative de haut-champ de résonance.
Schueler-Weideckamm, C., Schueler, G., Uffmann, M., Bader, T.R. (Autriche)	Cohorte Avant-après	Cartilage / moelle osseuse / effusion / ménisques / tendon patellaire / ligaments croisés et collatéraux	22 marathonniens non-professionnels	Marathon de Vienne	Pré : 24h Post : 2h45 +/- 1h30	Investiguer si courir un marathon engendre des lésions aigües des ménisques, du cartilage, de la moelle osseuse, des ligaments et/ou d'une effusion articulaire du genou.
Krampla, W., Mayrhofer, R., Malcher, J., Kristen, K.H., Urban, M., Hruby, W. (Autriche)	Cohorte Avant-après	Cartilage / moelle osseuse / effusion / ménisques / tendon patellaire / ligaments croisés et collatéraux	8 marathonniens non professionnels	Marathon de Vienne	Pré : 10 à 14h Post : 3-21h Suivi : 6 à 8 semaines	Evaluer les résultats d'IRM du genou chez des coureurs de longue distance amateurs afin d'apprécier la réversibilité des résultats.
Krampla, W., Newrkla, S., Kroener, A., Hruby, W. (Autriche)	Cohorte suivi de l'article précédent	idem	7 marathonniens identiques à l'article précédent et 1 nouveau	Article précédent	Suivi article précédent : 10 ans	Investiguer par le même protocole IRM, les coureurs inclus dans l'article 4 il y a 10 ans afin d'évaluer à long-terme les dommages causés par la course de longue-distance sur les structures internes de leurs genoux.

5.1. Résultats de la qualité

5.1.1. Design et niveau de preuves

Notre sélection regroupe des cohortes sans randomisation avec ou sans groupe contrôle (Domholdt, 2000) de design « avant-après ». Leur niveau de preuves scientifiques est donc IV (Melnik & Fineout-Overholt, 2010.).

5.1.2. Evaluation de la qualité

Les résultats de l'évaluation de la qualité de nos articles par l'échelle MINORS sont présentés dans les annexes [Annexe 7]. Les totaux vont de 10/16 (Krampla et al. 2000) à 11/16 (Hohmann et al., 2005 ; Krampla et al., 2008 ; Luke et al. 2010 ; Schueller et al., 2006) en ne prenant en compte que les items dédiés aux études non-comparatives. Lors de la discussion, nous abordons les groupes contrôles des deux études comparatives (Hohmann et al., 2005 ; Luke et al., 2010). Après avoir rempli la deuxième partie de l'échelle MINORS, conçue pour ce type d'études, nous trouvons les résultats suivants : 14/24 (Hohmann et al., 2005) et 17/24 (Luke et al., 2010).

5.2. Résultats outcomes

Nos résultats sont résumés par étude dans le **Tableau 2** situé à la fin du chapitre. Ils se trouvent également sous forme de graphiques [Annexe 8 et 9].

De plus, il est important de souligner que les baselines des deux études de Krampla et al. (2000, 2008) n'étaient pas tout à fait identiques. En effet, un participant avait abandonné l'étude 1 avant le marathon pour cause de blessure (déchirure du tendon patellaire) mais a été réintégré dans l'étude 2. Enfin, un coureur de l'étude 1 n'a pas pu être contacté pour la deuxième.

5.2.1. Intégrité du cartilage

Hohmann et al. (2005) ont réalisé des IRM de la hanche et du genou afin de mesurer les impacts d'un marathon. Selon leur gradation, seul un grade 4 démontre une réaction du cartilage. Comme aucun marathonien ne présente de stade au-dessus du 2, nous en concluons qu'il n'y a pas de lésions du cartilage chez le coureur expérimenté. Ces mêmes résultats sont retrouvés post marathon. Aucun test statistique n'a été fait dans cette étude.

La cohorte menée par Luke et al. (2010) utilise les séquences T1 rho et T2 afin de détecter un changement précoce de la matrice cartilagineuse, tels qu'une destruction des protéoglycans, une fuite du contenu en eau et une variation dans la composition biochimique du cartilage, en comparaison avec un groupe contrôle sain. La séquence T1 rho a permis d'évaluer les changements dans le contenu en protéoglycans du cartilage, alors que la séquence T2 a reflété l'orientation du collagène dans la matrice. Le cartilage a été segmenté en six régions détaillées dans les annexes.

Concernant les données de T1 rho, une augmentation significative a été relevée dans toutes les régions, sauf dans les compartiments latéraux du tibia et du fémur. La moyenne de toutes les régions réunies pré-marathon était de 37,0 ms +/- 4,2 alors que 48h post-marathon elle est montée à 38,9 ms +/- 4,6 ($P < 0,001$). Enfin, les résultats comparant la baseline et le follow-up à trois mois ont évalué que l'élévation persistait, sauf pour les compartiments latéraux. A noter qu'un coureur a oublié cette troisième mesure.

Quant aux données de T2, elles ont montré une augmentation significative à 48h post-marathon, sauf au niveau des compartiments latéraux (fémur et tibia). A trois mois, les changements de T2 retournent au niveau de la baseline pré-marathon dans les régions de la trochlée et du compartiment médial du tibia. La persistance de l'augmentation a été significative seulement dans la région fémorale médiale ($P = 0,18$). Le coefficient de corrélation entre les valeurs de T1 rho et T2 était de 0,81 ($R^2 = 0,48$; $P < 0,001$).

Dans leur étude, Schueller et al. (2006) se sont demandés si un marathon causait des lésions du cartilage du genou. Les résultats n'ont montré aucun changement. Trois grades 1 (13,7%) ainsi qu'un grade 2 (4,5%) ont été détectés avant la course. Les mêmes données ressortent post-marathon. Ainsi, 81,8% des coureurs ne présentent aucune lésion soit un grade 0. Il n'y a pas eu de test statistique pour cet outcome.

L'IRM pré course de l'équipe de Krampla (2000) a relevé qu'au niveau du cartilage, 62,5% des personnes avaient un grade 0 ($n= 5$), 12,5% un grade 1 ($n=1$), 12,5% un grade 2 ($n=2$) et 12,5 % un grade 3 ($n= 1$). Le deuxième IRM soit entre 3 et 21h post course a souligné les mêmes résultats. Enfin, le détail de l'IRM de suivi à 6-8 semaines n'est pas assez complet pour pouvoir être interprété. Il n'y a aucune analyse statistique.

L'étude de Krampla et al. (2008) avait pour objectif d'évaluer les dommages à long terme sur les structures du genou chez le marathonien. Cette étude était un suivi à 10 ans de la première étude de Krampla et al. (2000) sur le sujet. Par rapport à l'intégrité du cartilage, il en résulte d'après l'IRM effectuée que 62,5% de la population (n= 5) avaient un grade 0, 12,5% de la population un grade 1 (n = 1) et 25% de la population un grade 3 (n =2). Un grade 2 de l'étude 1 s'était donc détérioré en grade 3 dans l'étude 2. Ce coureur avait déjà eu des lésions au genou (ndlr déchirure de ménisque interne de grade 3b et une résection presque complète du ménisque externe).

5.2.2. Œdème dans la moelle osseuse

Hohmann et al. (2005) rassemblent dans leur système de cotation les données relatives au cartilage, à la moelle osseuse et à l'effusion intra articulaire. Lors de l'IRM pré-marathon, sept des huit coureurs présentaient un grade 1 (87,5%) soit aucun œdème sur T1 ni T2. Le dernier coureur (12,5%) montrait des signes d'œdème sur T2 (grade 2). Ainsi, selon notre cotation, 87,5% des participants avaient une modalité 0, soit aucun œdème et 12,5% (un coureur), présentaient une modalité 1, donc présence d'un œdème de la moelle osseuse.

Luke et al. (2010) évaluent la présence d'œdème selon l'échelle WORMS. Un grade 2 (10%) pré-marathon a été décelé (modalité 1). Le reste des participants (n= 9) ne présentait aucune altération de la moelle osseuse : 90% de modalités 0. Aucune aggravation n'a été notée au follow-up. Il n'est pas précisé si une mesure a été faite 48h post-marathon. Aucune analyse statistique n'existe sur ces valeurs.

L'article de Schueller et al. (2006) se base sur une échelle à trois grades. Pré-marathon, un grade 3 soit 4,5% et deux grades 1 (9,1%) ont été diagnostiqués, soit trois modalités 1 (13,6%) et dix-neuf modalités 0 (86,4%). Idem post-marathon. Les résultats n'ont donc montré aucun changement dans l'aggravation ou l'apparition d'un œdème de la moelle osseuse pré et post marathon. Cet outcome n'a pas été évalué statistiquement.

Concernant les résultats de Krampla et al. (2000) pour l'outcome moelle osseuse, 62,5% (n= 5) des coureurs présentaient un œdème de la moelle osseuse au premier IRM, au second ainsi qu'au suivi à 6-8 semaines. Deux coureurs (25%) n'en avaient pas. Il n'y a pas de données pour un participant (12,5%). La présence d'œdème était définie par une augmentation du signal sur T2 et un signal bas sur T1. Lors de l'IRM après la course,

les mêmes résultats sont retrouvés mais deux participants présentent un signal augmenté. Quant à l'IRM à 6-8 semaines, deux participants avaient un signal augmenté. Enfin, une dernière personne dont le signal était augmenté lors du 2^{ème} IRM, a présenté une amélioration. Ce coureur retrouvait les résultats du 1^{er} IRM.

Quant à la deuxième étude de Krampla et al. (2008), seulement un coureur présentait un signal augmenté sur la séquence STIR au condyle médial fémoral. Ceci a été interprété comme un œdème de la moelle osseuse par les auteurs. Aucune donnée statistique n'a été mentionnée dans ces deux études.

5.2.3. Effusion intra articulaire

Dans l'étude de Hohmann et al. (2005), l'IRM pré-marathon des deux articles a révélé sept grades 1 (87,5%) donc aucune effusion et un grade 2 (12,5%) soit une effusion minimale. L'IRM post-marathon a démontré les mêmes résultats.

Dans l'article de Luke et al. (2010), divers paramètres de la morphologie « grossière » du genou ont été étudiés chez les vingt participants comme l'effusion articulaire, l'intégrité méniscale ou encore celle des ligaments collatéraux et croisés. Nous avons pour seule information que les résultats de la baseline comparés à ceux du follow-up sont similaires. Ils ne sont pas non plus évalués statistiquement.

Schueller et al. (2006) cotent la présence d'effusion articulaire en deux grades : 1 si une faible effusion intra articulaire était vue sur « T2 axial » et « sagittal dual TSE » ; 2 si une collection de fluides > 1 cm se situait dans le diamètre sagittal de la bourse rétro patellaire. Treize grades 0 (59%) et un grade 1 (4,5%) ont été mesurés pré-marathon. Une augmentation de l'effusion intra articulaire a été visible chez quatre des treize grades 1 soit 30,1% après le marathon (2h45 +/- 1h30). Le grade 2 a lui aussi augmenté et un nouveau grade 1 est apparu.

Dans les deux études de Krampla et al. (2000, 2008), une apparence normale soulignait un taux de liquide usuel dans l'articulation. Tandis qu'une apparence augmentée était gage de présence liquidienne plus importante. Dans la première étude de Krampla, deux coureurs (25%) ont présenté une collection de fluides plus ample lors de l'IRM pré-marathon. La deuxième IRM n'a relevé aucune effusion (0%). Ainsi, l'amoncellement de liquide aperçu chez les deux participants précédemment, avait légèrement diminué. Quant à l'IRM à 6-8 semaines, elle n'a montré aucune collection

liquidienne. La deuxième étude de Krampla (2008), a conclu que les coureurs dix ans après avoir couru le marathon de Vienne n'avaient pas d'effusion intra articulaire.

5.2.4. Ménisques

Schueller et al., ont analysé l'état des ménisques grâce à une échelle de cinq grades **[Annexe 10.1]**. Lors de l'IRM pré marathon, 41% (n=9) ont montré un grade 0, 36% (n=8) un grade 1 et 23% (n=5) un grade 2. Lors de l'IRM post marathon, 41% de grade 0, 32% de grade 1 (n=7) et 27% de grade 2 (n=6) ont été retrouvés. La même proportion de lésions méniscales a donc été mesurée pré et post marathon, soit treize participants (59%). Il n'y a « aucun changement significatif » (aucune donnée statistique). Le coefficient de corrélation inter-observateur quant à l'analyse des IRM est de 0,82 soit considéré comme parfait.

Krampla et al., dans leurs deux études (2000, 2008), ont utilisé un système de gradation en quatre grades **[Annexe 10.2]**. Pour collecter les données, nous nous sommes basées sur le texte et les tableaux des deux études. Les auteurs ont séparé les résultats du ménisque interne et externe. Le ménisque médial montrait quatre grades 1 (50%), un grade 2 (12,5%), deux grades 3a (25%) et un grade 3b (12,5%) lors du 1^{er} IRM. Le ménisque latéral présentait trois grades 0 (37,5%), deux grades 1 (25%) et trois grades 2 (37,5%). Le ménisque médial était donc plus affecté.

Le second IRM a relevé une légère augmentation du signal, chez tous les participants, au ménisque médial. Les auteurs ont souligné que ces changements étaient minimes et difficilement notables pour les grades 1. La taille de la lésion n'avait évolué dans aucun des cas. Un grade 3a n'avait pas changé (12,5%). Quant au ménisque latéral, seules quatre personnes sur huit démontraient un signal augmenté (50% de la population). Ces participants avaient des grades 1 ou 2. Une nouvelle fois, le ménisque médial était plus touché. Dans la plupart des cas, ce deuxième IRM a soulevé une augmentation du signal.

A contrario, le troisième IRM a permis de mettre en avant une diminution générale du signal. En effet, chez les 8 participants (100%), le signal était soit inchangé, soit diminué, soit revenu comme au 1^{er} IRM.

L'IRM de suivi à 10 ans a montré trois changements. Un grade 2 s'est détérioré en grade 3. Cette personne souffrait déjà à la première étude d'une déchirure du ménisque

médial de grade 3b et une résection presque complète du ménisque latéral. La deuxième altération voyait un grade 0 se détériorer en grade 1. Enfin, le dernier changement concernait une amélioration (un grade 2 déclassé en grade 1).

Concernant l'étude de Luke et al. (2010), aucun changement n'a été mesuré au follow up, comme mentionné dans le paragraphe précédent.

5.2.5. Ligaments croisés

Schueller et al. (2006) ont analysé la présence de lésions des ligaments croisés à l'aide de 3 grades : 0 si le signal était d'intensité faible et homogène avec une continuité de l'origine à l'insertion (intacte); 1 s'il y avait augmentation du signal intra-ligamentaire avec orientation ligamentaire préservée (usure partielle); 2 si le signal était discontinu ou si le ligament était non-visible (usure complète). Deux grades 1 (9,1%) et aucun grade 2 n'a été trouvé avec un coefficient de corrélation inter-observateur de 0,67 donc bon. Les altérations concernent le ligament croisé antérieur. Le postérieur n'a montré aucune lésion. Aucun changement n'a été évalué entre les mesures pré et post-marathon.

Krampla et al. (2000, 2008) ont analysé l'intégrité et l'épaisseur des ligaments. Un cas de grade 1 au ligament postérieur a été mis en avant au 1^{er} IRM (12,5%) tandis que le ligament antérieur était intact chez tout le monde (0% de lésions). Aucun changement n'a été décelé dans l'IRM entre 3 et 21h ni dans l'IRM à 6-8 semaines (donc toujours 12,5%).

5.2.6. Ligaments collatéraux interne/externe

Schueller et al (2006) ont étudié de la même façon les ligaments collatéraux et les ligaments croisés (grades de 0 à 2). Aucune lésion n'a été mise en évidence.

Les ligaments collatéraux interne et externe ont été évalués par Krampla et al. dans leurs deux études. Ils ont observé un éventuel changement dans les signaux d'altérations, l'épaisseur et la continuité des ligaments. Que ce soit dans l'IRM pré-marathon, post-marathon, suivi à 6-8 semaines ou encore à 10 ans, ils demeuraient toujours intacts (0% de lésion) (Krampla et al., 2000, 2008).

Aucun changement n'a été visible dans les ligaments collatéraux et croisés selon l'étude de Luke et al. (2010), comme dit précédemment.

Tableau 2 : Résultats des données IRM de nos cinq articles pré, post et au suivi du marathon

	IRM pré	IRM post	IRM suivi	Résultats
Hohmann E. et al. (2005)	C : 87,5% grade 1 (n=7); 12,5% grade 2 (n=1) soit 100% sans lésions du cartilage	Idem 1 ^{er} IRM	X	Pas de différence post marathon chez les marathoniens. Adaptation du corps au stress induit par le marathon si entraînement adéquat.
	MO : 87,5% grade 1 (n=7); 12,5% grade 2 (n=1)	Idem 1 ^{er} IRM		
	E: 87,5% grade 1 (n=7) ; 12,5% grade 2 (n=1)	Idem 1 ^{er} IRM		
Luke AC. et al. (2010)	MC : T1 37,0 ms +/- 4,2 T2 : 29,4 ms +/- 3,9	T1 38,9 ms +/- 4,6 (P < 0,001) T2 31,0 ms +/- 4,0	T1 39,0 ms +/- 4,5 T2 29,4 +/- 3,9	Dégradation de la matrice cartilagineuse selon T1rho et T2. Résultats non réversibles à 3 mois sur T1 rho.
	MO : 90% grade 0 (n=9) ; 10% grade 2 (n=1)	Non spécifié	Idem 1 ^{er} IRM	Pas de différence sur les autres structures sans chiffres mentionnés.
	E: Pas de donnée précise	Non spécifié	Pas de changement	Elévation de T1rho/T2 post marathon = supposition de changements biochimiques dans le cartilage. T1 rho reste élevé à 3 mois.
	M: Pas de donnée précise	Non spécifié	Pas de changement	
Schueller-Weidekamm C. et al. (2006)	C: 81,8% de grade 0 (n=18) ; 13,7% grade 1 (n=3) ; 4,5% grade 2 (n=1)	Idem 1 ^{er} IRM	X	Pas de différence post marathon sur le cartilage, la moelle osseuse et les ligaments. Légers signes d'altérations intra-méniscaux et effusion articulaire. Le marathon n'induit pas de lésions sévères du cartilage, des ligaments ou de la moelle osseuse du genou chez des coureurs bien entraînés. Les seuls changements subtils concernaient l'effusion et les ménisques.
	MO : 86,4% grade 0 (n=19); 9,1% grades 1 (n=2) ; 4,5% grade 3 (n=1)	Idem 1 ^{er} IRM		
	E : 36,4% grade 0 (n=8); 59,1% grade 1 (n=13) ; 4,5% grade 2 (n=1) ;	31,8% grade 0 (n=7); 63,6% grade 1 (n=14); 4,5% grade 2 (n=1)		
	M : 40,9% grade 0 (n=9); 36,4% grades 1 (n=8) ; 22,7% grades 2 (n=5)	40,9% grades 0 (n=9) ; 31,8% grades 1 (n=7) ; 27,3% grades 2 (n=6)		
	L : 90,9% (n=20); 9,1% grade 1 (n=2)	Idem 1 ^{er} IRM		

Krampla W. et al. (2000)	C : 62,5% grade 0 (n= 5); 12,5% grade 1 (n=1); 12,5% grade 2 (n=2) et 12,5 % grade 3 (n= 1).	Idem 1 ^{er} IRM	Non exploitable	Pas de différence post marathon au niveau du cartilage et des ligaments. Majoritairement pas de différence pour la moelle osseuse mais quelques légères dégradations en post et suivi (% initiaux importants). Pas de changement important méniscal, légères détériorations post mais retour à la normale à six semaines. Amélioration ou maintien de l'effusion articulaire. Signes d'arthrose progressifs chez un participant lésé au ménisque au 1 ^{er} IRM (moelle osseuse, effusion, kyste sous-chondral). Pas d'effets négatifs du marathon chez le coureur sain.
	MO : 62,5% avec œdème (n=5) ; 25% sans (n=2); 12,5% (n=1) inconnu		Idem 1 ^{er} IRM	
	E : 25% avec effusion (n=2); 75% sans (n=6)	100% sans effusion	Idem 2 ^{ème} IRM	
	M: 37,5% grade 1 (n=3); 25% grades 2 (n=2); 25% grades 3a (n=2); 12,5% grades 3b (n=1) L: Ligament postérieur 87,5% grades 0 (n=7) ; 12,5% grades 1 (n=1) Ligament antérieur, collatéraux internes et externes 100% intact	Augmentation générale	Inchangé, diminué ou idem 1 ^{er} IRM	
Krampla W. et al. (2008)	C : 62,5% grade 0 (n= 5) ; 12,5% grade 1 (n = 1) ; 25% de la population un grade 3 (n =2)	Idem 1 ^{er} IRM		Pas de changement en général concernant le cartilage et les ménisques, quelques cas de dégradation pour le cartilage. Diminution des œdèmes de la moelle osseuse. Pas d'effusion observée chez les participants. Pas de changement au niveau ligamentaire. Deux sujets blessés précédemment au genou. Marathon ne cause pas de dommages aux structures internes du genou sauf si présence de lésions initiales.
	MO : 12,5% avec œdème (n=1) ; 87,5% sans œdème (n=7)			
	E : 100% sans effusion			
	M : 62,5% grades 1 (n=5) ; 12,5% grades 2 (n=1) ; 12,5% grades 3a (n=1) ; 12,5% grades 3b (n=1) L : idem 1 ^{er} IRM			

C = Cartilage ; MC = matrice cartilagineuse ; E = Effusion ; M = ménisques ; L= ligaments croisés/collatéraux

VI. Discussion

Premièrement, nous interprétons la qualité de nos articles afin de rester objectives quant à nos résultats. Ensuite, nous agrégeons et confrontons les résultats trouvés par outcome. Nous résumons et interprétons ainsi ce que l'ensemble de nos articles mentionne, en confrontant ces résultats à la littérature actuelle. Nous apportons aux résultats d'autres facteurs qui contribuent à l'impact du marathon sur la gonarthrose. Par la suite, nous discutons des limites de notre revue, de sa pertinence clinique et des pistes futures nécessaires pour approfondir le sujet.

6.1. Qualité des articles

6.1.1. Qualité scientifique d'après MINORS

La qualité des études incluses est un élément à prendre en compte dans les résultats afin de les pondérer. L'échelle que nous avons choisie nous semble néanmoins peu sensible quant à la différence de qualité entre chaque article. En effet, nos totaux sont proches et ne mettent pas assez en avant la différence entre chacun. Entre 10/16 et 11/16, les scores totaux ne sont pas élevés, ce qui semble témoigner d'une qualité moyenne de nos articles sélectionnés. L'étude de Luke et al. (2010) semble se démarquer avec un score de 17/24 en prenant en compte la deuxième partie de l'étude. Selon Slimm et al., il n'y a pas de moyen pour pondérer les items de MINORS (Slimm et al., 2003). Nous discutons donc des items qui nous semblent importants à mettre en avant dans la qualité d'un article et des difficultés que nous avons rencontrées.

Les articles respectent leurs critères d'inclusion dans le choix de leurs participants comme le demande l'item n°2 de l'échelle MINORS. Schueller et son équipe ne présentent cependant aucun critère d'inclusion d'où son score de 0. Seuls deux paramètres sont cités comme source d'exclusion (Schueller et al., 2006).

Nous attribuons un nombre maximal à la majorité de nos études pour l'item n°3. Seule l'étude de Krampla et al. (2000) perd un point. En effet, nous pensons que cette étude manque de précisions. Nous nous sommes ainsi permises de compléter les informations par la deuxième étude de Krampla et al. (2008). Toutefois, nous décelons des incohérences entre ces deux études. Par exemple, dans sa première étude, l'auteur stipule que cinq personnes développent une dégradation au niveau du cartilage de grade

2 ou moins et une personne un grade 3. Or dans la deuxième étude en 2008, Krampla et al. reprennent ces résultats en décrivant cinq grades 0, un grade 1, un grade 2 et un grade 3. Par ailleurs, des inexactitudes entre certains tableaux et le texte, notamment sur les ménisques, ont été retrouvées.

L'item n°4 précise que les outcomes devraient être cohérents par rapport au but de l'étude, ce qui est rempli par tous nos articles. Néanmoins, il devrait être stipulé en plus leur intention de traiter ce qui n'est pas adapté à notre revue. C'est pourquoi, nous avons choisi d'attribuer le score de 1 à toutes nos études. De plus, des différences existent entre nos études comme les types d'IRM utilisés. Ainsi, nous pouvons nous poser la question sur la pertinence de comparer des résultats provenant de sources différentes. De même, chaque auteur a créé son propre système de gradation de leurs outcomes, que nous avons tenté d'homogénéiser. Par ailleurs, il subsiste une incohérence entre les rubriques « Méthodologie » et « Résultats » de l'étude de Schueller et al. (2006) comme décrit dans notre méthodologie.

Comme expliqué auparavant, tous les articles comparent des résultats avant et après l'intervention (un marathon). L'aveuglement est donc un élément important. L'item n°5 demande que l'évaluation des critères de jugement ne soit pas biaisée. Sinon, les raisons de l'absence d'insu devraient être détaillées. Plusieurs de nos articles parlent d'observateurs ou radiologues indépendants mais ne précisent par leur aveuglement et pourquoi ils ne le sont pas. Nous leur avons attribué un zéro. D'autre part, dans l'étude menée par Luke et al. (2010), les deux radiologues sont en aveugle concernant les données objectives liées à l'IRM, mais la baseline a été relevée par le principal auteur et intégrée dans les résultats, ce qui n'est pas en double aveugle. Nous n'avons donc accordé qu'un seul point à cette étude. De même que la deuxième étude menée par Krampla et al. (2008), qui nomme deux radiologues indépendants n'ayant pas connaissance de la première étude. Cependant, un des radiologues faisait partie de cette dernière. Nous ne lui avons accordé qu'un seul point.

Chacune de nos études démontre des prises de mesures à des temps différents. Concernant l'item n°6, seuls trois de nos articles ont une période de suivi: 10 à 12 semaines pour l'étude de Luke et al. (2010), 6 à 8 semaines pour Krampla et al. (2000) et 10 ans pour la deuxième étude de Krampla et al. (2008). La prise de recul nécessaire pour émettre des conclusions quant aux lésions à long-terme n'est pas suffisante tout

comme leur rôle dans l'apparition de l'arthrose. Ceci figure dans la plupart des limitations de nos articles.

L'item n°7 demande un taux de drop out inférieur à 5%. Les études de Krampla et al. (2000, 2008) ne sont pas explicites à ce propos. En effet, nous avons su grâce à la deuxième étude que deux participants (20%) n'avaient pas bénéficié des mesures dans l'étude 1. Zéro point lui ont été accordé. Concernant l'étude de Luke et al. (2010), elle fait part d'un oubli d'un participant pour le follow-up à trois mois et deux retards qui réduisent les résultats de T2. Il n'est pas mentionné si le drop out est inclus dans les résultats. Un seul point lui a été accordé.

Enfin, nos articles sélectionnés ne réunissent que très peu de données statistiques. Nous avons donc octroyé un zéro à l'item n°8 aux études qui n'en présentaient aucun (Hohmann et al., 2005 ; Krampla et al., 2000, 2008). Ainsi, il est difficile de conclure nos résultats de manière probante. De même, des données supplémentaires seraient nécessaires à propos de la reproductibilité de l'IRM intra-observateur et inter-observateur. Cependant, Schueller en fait brièvement référence (cf. résultats des outcomes ménisques et ligaments croisés/collatéraux) et affirme une bonne, voire une parfaite corrélation.

Certains articles ont affiché une valeur p prouvant que les résultats de l'étude sont significatifs mais aucun intervalle de confiance pour calculer l'effet n'est retrouvé (Luke et al., 2010 ; Schueller et al., 2006). Nous avons octroyé un seul point aux deux études. Dans les cohortes de Schueller et al. (2006) et d'Hohmann et al. (2005), la notion de significativité de leurs résultats est mentionnée, alors qu'aucun test statistique n'a été effectué.

Concernant les études avec groupe contrôle, elles doivent répondre à des critères supplémentaires selon l'échelle MINORS. Luke et al. (2010) analysent un groupe ne courant pas de marathon alors que Hohmann et al. (2005) disent choisir de manière « arbitraire » un groupe de débutants courant le même marathon que les expérimentés. L'item n°9 « groupe contrôle adéquat » n'est donc pas entièrement respecté par ce dernier. Il perd un point.

Par la suite, les deux groupes se doivent d'être comparables. C'est le cas pour l'étude de Luke et al. (2010) qui dispose d'un groupe contrôle équivalent en termes d'âge, de sexe

et de BMI. Un t-test a été utilisé pour évaluer les différences démographiques, mais aucune valeur n'a été mise en évidence. Néanmoins, l'item n°11 demande à ce qu'il n'y ait aucun biais pouvant influencer l'interprétation des résultats. Dans nos deux études, les participants rapportent de manière autonome leur niveau de course, ce qui n'est pas une valeur objective et n'est pas facilement comparable. Nos deux articles perdent alors un point à cet item.

6.1.2. Population

Les critères de nos études ne représentent pas toujours la population cible. De plus, ils divergent fréquemment entre chaque étude. Nous en discutons donc en suivant différents points qui nous semblent importants à relever.

6.1.2.1. Genre

Plus d'hommes sont représentés. Schueller et al. (2006) disposent de seize hommes sur vingt-deux participants. Hohmann et al. (2005) et Krampla et al. (2000, 2008) n'ont aucune femme dans leurs études (une seule dans le groupe débutant d'Hohmann). Les femmes sont différentes des hommes car la pression sur le compartiment patellofémoral est augmentée. Ceci est causé par une faiblesse fréquente du quadriceps chez la femme, une surface et une épaisseur du cartilage moins développée ou encore par l'influence du cycle hormonal (Kessler et al., 2006). Il aurait donc été judicieux d'inclure une population féminine afin d'augmenter la validité externe de cette étude.

6.1.2.2. Age

La participation à des courses de longue distance semble augmenter avec l'âge (Leyk et al., 2009). Dans nos articles, la tranche d'âge des populations s'étend de 23 à 58 ans mais ne semble pas affecter significativement les résultats pour autant. Seul Luke et al. (2010) font part de lésions dégénératives de l'articulation patellofémorale plus marquées chez les plus âgés des deux groupes. Nous remarquons dans la littérature que les données sur le sujet divergent comme en témoignent Mosher, Liu & Torok (2010). Leur étude a pour objectif de démontrer les effets de l'âge et du niveau d'activité physique sur l'épaisseur du cartilage et la séquence T2 immédiatement après une course de 30 minutes. Un groupe de marathonien et un groupe contrôle de sédentaires sont divisés en deux strates (selon l'âge) ≤ 45 ans et ≥ 46 ans. Une plus faible déformation du cartilage est observée chez les groupes plus âgés. Bien que connu pour contribuer à

l'apparition d'arthrose, l'âge ne fait pas l'unanimité quant à son rôle délétère chez un marathonien.

6.1.2.3. Antécédents

Certains de nos articles (Hohmann et al., 2005 ; Luke et al., 2010 ; Schueller et al., 2006) ne sélectionnent que des participants asymptomatiques et/ou ne présentant aucune blessure de surcharge et/ou d'opération récente du membre inférieur. Nous sommes d'avis que cela est positif dans un but de limiter la présence de biais. Néanmoins, les conclusions de ces articles ne peuvent alors s'appliquer qu'à des populations « idéales ». D'autant plus, la population cible est particulièrement sujette à ces types de lésions. Afin de conclure sur la prévalence de l'arthrose chez les coureurs marathoniens, il aurait été préférable d'avoir une population homogène quant à leurs antécédents.

6.1.2.4. Expérience

Les populations entre nos différentes études ne sont pas toujours homogènes. Leur niveau d'activité demandé à la baseline a été auto-reporté ce qui n'est pas objectif. De plus, il diffère entre chaque étude : il peut être défini en nombre d'années d'expérience (Krampla et al., 2000, 2008), en kilomètres courus à la semaine et/ou en temps au marathon (Hohmann et al., 2005 ; Schueller et al., 2006). Luke (2010) quant à lui, ne donne pas de détail à ce sujet malgré un questionnaire proposé à ses participants. Les populations ne seraient alors pas toutes comparables. Nous ne connaissons pas non plus en détails leur volume de préparation avant le marathon. Une revue (Hansen et al., 2012) certifie que le taux des forces appliquées lors d'un entraînement est un des facteurs extrinsèques de la péjoration de la capacité d'absorption des forces destructives par la jonction articulaire. La mise en commun de nos résultats est donc à pondérer. Néanmoins, tous les participants ont réussi à finir un marathon. Nous imaginons donc que leur niveau le leur permet et qu'ils sont donc bien entraînés. Nos résultats pourraient en être ainsi influencés positivement.

6.1.2.5. Nombre de participants

Nos études se rejoignent sur le faible nombre de participants. Allant de huit pour les articles de Krampla et al. (2000, 2008) à vingt-deux pour Schueller et al. (2006). La puissance de nos articles et donc de notre revue s'en voit altérée. De plus, nous doutons que ces quantités soient suffisantes pour généraliser nos résultats à l'ensemble de la population.

6.1.3. Intervention

Luke et al. (2010) ne sont pas clairs au sujet de l'intervention. Cinq participants auraient couru le Nike Women's Marathon en Octobre 2006 et les cinq autres le San Francisco Marathon en juillet 2007. Cependant, nous ne savons pas si cela représente la réelle intervention, auquel cas les mesures ne seraient pas faites au même moment pour tous les coureurs. Ainsi, des biais externes ont pu survenir. C'est pourquoi nous restons vigilantes quant à ce paramètre.

6.2. Interprétation des résultats par outcomes

6.2.1. Intégrité du cartilage

Le marathon ne serait pas délétère pour l'intégrité du cartilage. C'est ce que certifient trois études sur quatre qui retrouvent une absence de lésion du cartilage (entre 62,5% et 87,5%) post marathon (Hohmann et al. 2005 ; Krampla et al. 2000, 2008 ; Schueller et al., 2006). Ainsi, les résultats des grades de l'IRM pré marathon et de l'IRM post marathon sont similaires. Luke et al. (2010) apportent des données complémentaires avec un point de vue contradictoire en analysant la matrice cartilagineuse. L'étude démontre une augmentation significative de la dégradation des protéoglycans sur T1 rho à 48h et à 3 mois dans la plupart des cas. Il est vrai que cette étude présente le meilleur construit avec des analyses statistiques. Néanmoins, il est important de noter que deux participants ont été en retard et qu'un autre coureur a oublié la mesure du follow-up à trois mois ce qui limite l'étude bien qu'ils en aient fait part.

Concernant le suivi à 10 ans, il montre également une absence majoritaire de dommages au cartilage (Krampla et al., 2008). Nous devons rester vigilantes à propos de ce dernier résultat. En effet, seule une étude (Krampla et al., 2008) propose un suivi à 10 ans avec, de plus, peu de participants (n=8). Par ailleurs, les auteurs ont inclus toutes les personnes s'estimant capables de finir le marathon en 1997 saines ou blessées. Ainsi, un coureur souffrait déjà de lésions méniscales. Comme vu dans le cadre théorique, la notion de blessure antérieure favorise la survenue de gonarthrose. De surcroît, la population de l'étude 1 de Krampla et al. (2000) n'est pas similaire à celle de l'étude 2 (2008). En effet, un coureur ayant abandonné l'étude numéro un sur blessure avant l'intervention a rejoint la deuxième étude. De plus, deux participants de l'étude numéro un ne prennent pas part à l'étude numéro deux (refus et non réponse à la proposition).

Enfin, il manque les résultats concernant un des coureurs (Krampla et al., 2000, 2008). Aucune évidence statistique n'a été relevée dans aucun des articles.

6.2.2. Œdème de la moelle osseuse

Il y a de grandes divergences entre les baselines du premier IRM des différentes études. En effet, le taux d'œdème de la moelle osseuse varie entre 10 et 70% selon les études. Nous pouvons imaginer que les différences entre les populations de chaque article, les différents types d'IRM utilisés et la cotation singulière à chacun puissent expliquer ces divergences. Toutefois, tous nos articles s'entendent sur le fait que les taux d'œdème restent majoritairement identiques après la course. Le marathon ne favoriserait donc pas, d'après nos articles, la survenue d'œdème de moelle osseuse chez les marathonniens. L'étude de suivi à 10 ans de Krampla et al., (2008) souligne une diminution des œdèmes de la moelle osseuse de 57,5%. Ainsi, même si les participants ont eu un taux d'activités physiques très varié durant ces 10 années (entre 0 et 21 marathons, entre 0 et 250 courses de plus de 20km), les résultats se rejoignent sur la diminution d'œdèmes de la moelle osseuse. Ceci semble donc être dû à des facteurs personnels.

6.2.3. Effusion intra articulaire

La majorité des résultats de notre revue semble s'accorder sur l'absence d'augmentation d'effusion intra articulaire après avoir couru un marathon et ce, même après un suivi à plus long terme. En effet, l'équipe d'Hohmann (2005) relève les mêmes données dans son étude avec l'absence de changement 24 à 48h post-marathon. Krampla et al. (2000, 2008), mesurent même une diminution de ce paramètre à 6-8 semaines et à 10 ans. Les deux coureurs (25%) chez qui une collection de fluides a été mesurée pré-marathon, ne présentent plus d'effusion dans les images de suivi. Quant à Luke et al. (2010), ils ne visualisent aucun changement entre les données de la baseline et du follow-up. Néanmoins, les instruments de mesure ne sont pas les mêmes avec des types d'IRM et des systèmes de cotations différents. Une équipe a utilisé un système de grades (0 à 1) à partir des images sur « T2 axial » et « sagittal dual TSE » (Hohmann et al., 2005), alors que celles de Krampla (2000, 2008) ont évoqué un consensus entre les radiologues sans préciser davantage les critères d'évaluation tout comme Luke et al. (2010) qui ne donnent pas, en plus, de valeurs chiffrées. Ainsi, nous devons rester critiques quant à l'interprétation de ces résultats.

De plus, l'étude de Schueller et al. (2006) apporte des résultats contradictoires. En effet, six participants (27,2%) présentent une augmentation de l'effusion intra articulaire post-marathon. Kessler et al. (2006), dans son étude sur quarante-huit athlètes masculins confirme les résultats de Schueller et al. Il mentionne que la course à pied, de par les impacts, peut encourager l'effusion articulaire, l'œdème de la moelle osseuse ainsi qu'affecter les ménisques. Par ailleurs, Schueller s'accorde avec Krampla pour dire que ces paramètres sont transitoires et diminuent après un temps de guérison (Krampla et al., 2000 ; Schueller et al., 2006).

6.2.4. Ménisques

Dans la plupart de nos articles, la présence de lésion méniscale semble déjà être visible via l'imagerie médicale (IRM) avant même l'intervention, soit un marathon (Krampla et al., 2000, 2008 ; Schueller et al., 2006).

Les résultats de nos études post-marathon sont mitigés. L'étude de Schueller et al. (2006) a obtenu treize participants (59%) avec une lésion méniscale pré/post marathon. Les changements de grades immédiatement après avoir couru le marathon (2h45 en moyenne) sont dits significatifs bien que nous ne possédions aucune donnée statistique. De même, Luke et al. (2010) indiquent qu'aucun changement n'est intervenu à trois mois sans détailler leurs résultats. A contrario, la première étude de Krampla et al. (2000) parle d'une légère augmentation du signal à 48h suivie d'une diminution à 6-8 semaines chez tous les participants. Enfin à 10 ans, la deuxième étude de Krampla et al. (2008) dénombre une amélioration (12,5%) pour deux dégradations (25%) concernant les ménisques. Une étude menée par Kessler et al. (2006) mesure l'impact de charges extrêmes créées par une course de longue distance sur le volume articulaire et méniscale. Après avoir couru 5 km, des changements faiblement significatifs sont constatés à l'IRM en fonction de la charge. Il est ajouté que ces structures semblent s'adapter à la charge subie et jouent donc un rôle prépondérant dans le soutien mécanique.

Sans analyse statistique, il nous est difficile d'interpréter ces résultats et nous restons conscientes que les temps de mesure ne sont pas les mêmes tout comme les critères d'inclusion. Ceci modifie les données selon l'histoire de chacun : entre autre l'âge, les autres activités sportives ou les blessures non reportées.

6.2.5. Ligaments croisés/collatéraux

Nos quatre articles portant sur les ligaments collatéraux et croisés se retrouvent sur le fait qu'il n'y a pas de changement dans les signaux intra-ligamentaire pré et post-marathon. Les collatéraux ne sont touchés dans aucune de nos études (Krampla et al., 2000, 2008 ; Luke et al., 2010 ; Schueller et al., 2006). Un bon coefficient de corrélation inter-observateur est attribué à ces données (Schueller et al., 2006).

6.3. Facteurs contribuant

Nous sommes conscientes que la course à pied est un vaste sujet et que de nombreux paramètres peuvent influencer les résultats des études. Nous en présentons une partie.

6.3.1. Défaut d'axe

Pour commencer, nous avons vu dans le cadre théorique qu'un défaut d'axe du membre inférieur est un facteur de risque d'arthrose des articulations porteuses. Ainsi, quand la pression augmente sur un compartiment, l'articulation se voit dégradée plus rapidement. Hohmann et al. (2005), ont apporté une attention particulière à cet aspect en évaluant l'axe des membres inférieurs des participants. Différents angles des membres inférieurs ont été mesurés par radiographies afin de déceler des défauts d'axes comme une protrusion/dysplasie de hanche, un valgus/varus de hanche, un valgus/varus de genou ou encore un pied plat/creux. Aucun coureur expérimenté n'avait d'axe dit « normal » dans sa totalité. Cinq pieds plats (62,5%), cinq varus/un valgus de genou (75%), une protrusion de hanche (12,5%), deux varus de hanche et trois valgus (62,5%) ont été retrouvés. Ces chiffres relèvent donc un taux important d'écarts d'axe alors que les résultats de l'étude ne mentionnent aucune micro lésion du cartilage post marathon. Ces dégradations sont parmi les premiers signes d'arthrose de l'articulation du genou. Les défauts d'axe ne seraient-ils donc pas si néfastes chez le coureur expérimenté ? Qu'en est-il du coureur novice ? Dans le groupe des débutants, un coureur avait les pieds plats (14%), quatre coureurs un varus du genou pour un valgus (62,5%); deux participants présentaient des protrusions de hanche (29%), quatre des valgus et enfin deux coureurs des varus de hanche (86%). Chez ces débutants, des signes de dégradations du genou ont été retrouvés dans 86% de la population post marathon. Nous pouvons donc penser que de légers écarts d'axe du membre inférieur n'influencent pas la survenue d'arthrose chez des coureurs expérimentés alors qu'une articulation moins encline à supporter un

marathon car moins préparée serait plus sujette aux blessures de surcharges liées à l'axe. Toutefois, il est important d'être critique face à ces résultats comme les auteurs de l'étude le sont également. En effet, le faible nombre de participants rend ces résultats peu significatifs. Comme l'indiquent Chakravarty et al. (2008) dans leur étude sur 45 coureurs de longue distance et 53 coureurs contrôles, il est difficile de parvenir à des résultats concluants avec un petit nombre de participants et un suivi de quelques années seulement. D'après ces mêmes auteurs, il faudrait des centaines voire des milliers d'adultes en bonne santé suivis sur plusieurs décennies avant de déterminer si la course à pied sur longue distance est bel et bien un facteur diminuant l'incidence et la sévérité de l'arthrose.

6.3.2. Chaussures

Nous pouvons nous questionner sur l'influence des chaussures sur le risque de signes précurseurs de gonarthrose. L'une de nos études (Hohmann et al., 2005) mentionne qu'une nouvelle paire de chaussure a été fournie aux participants deux semaines avant la course et déclarent que ce paramètre influence l'impact décisif sur l'articulation. Une revue de la littérature (Hansen et al., 2012) revient sur ce point en précisant qu'il est important d'être progressif dans une modification de chaussures ou de schéma de course afin de permettre au corps de s'adapter physiologiquement. De plus, dans la littérature, un débat prend forme entre chaussures traditionnelles ou maximalistes et minimalistes³. La chaussure minimaliste semble prendre les devants sur la maximaliste avec un taux plus faible de blessures rencontré par les coureurs. Néanmoins, aucune chaussure ne peut réellement égaler la biomécanique d'une course à pieds nus (Bonacci et al., 2013). Une revue systématique parue dernièrement (Hall et al., 2013) met en évidence que courir pieds nus diminuerait la force verticale maximale, augmenterait la flexion plantaire et la flexion du genou lors du contact au sol en comparaison avec la course en chaussures traditionnelles neutres, même si l'étude insiste sur la faible qualité des articles retenus. La chaussure aurait donc un impact sur la biomécanique qui elle-même influe sur la charge subie par les articulations, élément que nous avons étudié dans le cadre théorique. Néanmoins, ce sujet reste contemporain et devrait être approfondi. De

³ Chaussures « simplifiées » ou « réduites » se rapprochant au mieux du pied nu avec moins de support et d'amortissement.

même que la littérature actuelle traite principalement les notions de biomécaniques et peu ou pas de la problématique des pathologies chroniques comme l'arthrose. Ceci serait une piste future à suivre afin de mesurer l'impact des chaussures sur la gonarthrose et comment prévenir cet effet s'il existe.

Nous sommes conscientes que de nombreux paramètres influencent l'existence de signes précurseurs d'arthrose particulièrement dans la course à pied et donc dans un marathon. Les controverses existantes mériteraient d'être approfondies pour aider le physiothérapeute à guider son patient et limiter les facteurs confondants.

6.4. Données complémentaires : comparaison à un groupe contrôle

La comparaison coureurs versus non-coureurs est fortement représentée dans la littérature. Une majorité d'articles s'accordent sur l'absence de différence entre les deux groupes. Lane et al. (1998) ont mené une étude prospective sur neuf années qui étudie un groupe de coureurs comparé à des non-coureurs. Celle-ci démontre la présence d'une meilleure densité osseuse chez les coureurs. Par ailleurs, il n'y a pas de différence dans la progression de la dégénérescence (genoux et hanches) entre les deux groupes.

Deux de nos études confrontent aussi leurs données à un groupe contrôle (Hohmann et al., 2005 ; Luke et al., 2010). Dans la première (Hohman et al., 2005), un groupe de coureurs débutants fait office de contrôle alors que dans l'étude de Luke et al. (2010), ce sont des non-coureurs (moins de 30 minutes d'exercices par jour).

Dans l'étude d'Hohmann et al. (2005), il n'y a aucun changement avant et après chez les huit expérimentés (0 % de dégradation). Tandis que chez les sept débutants, une péjoration a lieu pour 86 % d'entre eux (sept grades 1 à la baseline puis un grade 1, cinq grades 2 et un grade 3). Il semblerait que le corps soit capable de s'adapter à une charge régulière sur le long terme et qu'une personne préparée soit moins sujette à des lésions. En 2013, un article étudie l'effet d'un programme d'entraînement suivi d'un marathon sur le volume et l'épaisseur du cartilage du genou chez des débutants (n = 10). Suite à l'entraînement durant 6 mois, des réductions significatives ont été observées à la partie latérale du fémur (3,2 % et 1,7 % respectivement) (Hinterwimmer, Feucht, Steinbrech, Graichen, & von Eisenhart-Rothe, 2013). Nous ne savons pas si ce

changement rapide de volume d'entraînement est la cause de cette modification anatomique ou même si cette dernière est réversible. Comme déjà dit nous devons rester prudentes au regard de la faible quantité de participants. De plus, l'étude de Mosher et al. (2010) déjà citée, contredit ces données. D'après leur analyse, il n'existe aucune différence due au niveau d'activité. Des recherches supplémentaires sont nécessaires afin de guider les coureurs débutant la course à pied.

Dans leur étude Luke et al. (2010), ne font pas courir leur groupe contrôle. Ils n'ont donc pas été évalués à 48h post-marathon. Bien qu'aucune différence ne soit notée avant la course, les séquences T1 rho et T2 sont significativement plus élevées juste après le marathon chez les coureurs par rapport à la baseline chez les non-coureurs (31,0 ms +/- 4,0 versus 28,9 ms +/- 3,8 ; $P = 0,001$). Ceci montrerait que courir 42,195 km serait responsable de ces changements. De plus, nous observons qu'à trois mois les valeurs T2 reviennent au niveau de la baseline prouvant que les changements de contenu en eau sont réversibles. Le cartilage retrouverait donc son homéostasie structurelle et fonctionnelle après une période de moindre activité suite à un marathon. Ceci ne va pas dans le sens d'une dégénération arthrosique où T2 devrait rester élevée selon la littérature (Dunn, Lu, Jin, Ries, & Majumdar, 2004; Li et al., 2005, 2007). Or les valeurs de T1 rho restent, elles, significativement augmentées chez les coureurs comparées aux valeurs du groupe contrôle (39,0 ms +/- 4,5 versus 36,7 ms +/- 4,3 ; $P = 0,003$). Cette dernière séquence semblerait évaluer des changements dans la matrice extracellulaire (dégradation de protéoglycans) du cartilage à long terme suite à un exercice d'endurance de longue durée. Davantage de données et sur le plus long terme permettraient de réellement conclure sur ce point.

Nous pensons qu'avoir des données contrôlées peut compléter notre analyse. Ceci permet de confronter nos résultats et de leur donner du poids. Néanmoins, nous sommes conscientes que ce n'est pas suffisant pour émettre des conclusions et que des études futures de plus grande qualité seraient bénéfiques. Tous ces paramètres nous invitent à donc à rester prudentes face à nos résultats et à être attentives aux biais éventuels.

6.5. Limites de notre revue

Lors de la rédaction de cette revue, plusieurs limites ont pu être identifiées.

6.5.1. Cadre théorique

Dans le cadre théorique, nos connaissances en imagerie médicale nous ont manquées afin d'approfondir le sujet de l'IRM. En effet, il existe beaucoup de notions différentes ; notions que nous n'avons pas étudiées lors de notre cursus en physiothérapie. De plus, ce sujet est si vaste qu'il demande du temps pour son apprentissage. Il aurait fallu suivre des cours avec des spécialistes pour en tirer la théorie nécessaire à la compréhension de tous les types d'IRM existants. Néanmoins, nous nous sommes documentées sur cette thématique grâce à des supports de cours pour rédiger ce qui nous semblait être le plus pertinent dans la construction de notre revue.

De plus, il nous a été difficile de définir des outcomes nommés « signes précurseurs d'arthrose ». La littérature ne définissait pas de manière claire les signes clés à prendre en compte. C'est pourquoi nous avons relevé les principaux outcomes cités dans la littérature pour ensuite les regrouper comme signes précurseurs ce qui pourrait entraver la reproductibilité de notre revue.

6.5.2. Méthodologie

Nous avons réalisé que peu d'études étaient publiées sur le marathon. La faible quantité de littérature disponible ne nous a pas permis de sélectionner nos articles d'après des critères de qualité scientifique, de restreindre le nombre d'outcomes et d'exclure des différences de protocoles. Des divergences ont donc été relevées entre chacun de nos articles. Premièrement, ils ne suivent pas le même design. Seulement deux d'entre eux ont un groupe contrôle, ce qui répond à une question de recherche plus ambitieuse (Hohmann et al., 2005 ; Luke et al., 2010). Nous avons abordé leurs résultats dans la discussion pour enrichir cette dernière. Ensuite, le type d'IRM choisi comme moyen d'investigation n'est pas le même pour chaque article. De même que différents temps de prise de mesure pré et post marathon ont été réunis. Ainsi, la lecture de nos résultats s'en est vue affectée et il nous a été difficile de les agréger.

Enfin, la course à pied est un domaine qui réunit une multitude de différences telles que le terrain, le dénivelé ou encore la distance. Nous avons tenté de réduire la survenue de biais en nous limitant au marathon. Cependant, nous sommes conscientes que certains paramètres sont aussi susceptibles de varier : parcours, dénivelé, chaussures entre

autres. Par ailleurs, nos études respectent la réalité du monde sportif en analysant leurs participants suite à une vraie épreuve.

6.5.3. Qualité des articles retenus

La qualité scientifique de nos articles retenus n'est pas très haute. Suivant l'échelle MINORS, ils ne dépassent pas les 11/16. De plus, leur design « avant-après » ne témoigne pas d'une probance élevée. Nous aurions souhaité obtenir davantage de données contrôlées (groupe de non-coureurs) ce qui aurait pu augmenter le niveau de preuves et répondre à un deuxième objectif de recherche : le marathon contribue-t-il au développement de signes précurseurs d'arthrose comparativement à des non-coureurs ? Les biais principaux que nous relevons sont les suivants : le faible nombre de participants, leur sélection peu précise et non aléatoire, les critères d'inclusion parfois trop limitants, le non-aveuglement des évaluateurs dans la majorité, la faible présence de suivi à long terme et l'absence ou la faible quantité d'analyses statistiques. Il est alors difficile d'interpréter nos résultats de manière exhaustive et nous les considérons avec précaution.

6.6. Pertinence clinique

Etablir une revue sur un sujet permet d'informer la population ciblée et de lui fournir des conseils basés sur l'évidence scientifique. Elle permet également de renseigner les professionnels de la santé. Quant à notre analyse critique de la littérature, elle est unique car elle réunit des données spécifiques au marathon.

La place du physiothérapeute pourrait être encore plus développée dans la course à pied. La popularité de la clinique du coureur⁴ fondée au Québec témoigne d'un essor de la physiothérapie dans cette activité. Bien que diverses spécialisations et manifestations sur la thématique lui soient adressées en Suisse, nous pensons que le physiothérapeute pourrait être davantage concerné. Il peut, entre autres, fournir des conseils, analyser la biomécanique et encore la statique. Tout cela, en prenant en compte la coordination et la force propres au patient. Observer son pattern de course permettrait d'en dégager les biais éventuels. Nous pourrions entraîner sa technique dans une « école de course » afin

⁴ Site internet créé par Blaise Dubois proposant conseils préventifs, accès à des supports théoriques (littérature, conférences, ...), promotion de la course à pied par divers événements sportifs entre autres.

d'agir sur les contraintes articulaires ainsi que favoriser un traitement pieds nus pour développer sa musculature intrinsèque tout comme sa proprioception (Ziltener, 2014). De plus, le physiothérapeute a un rôle primordial dans la prise en charge des facteurs de risques qui, comme nous l'avons constaté dans ce travail, sont des risques de survenue d'arthrose précoce. De même, son œil d'expert participe à proposer des conseils adaptés concernant les facteurs contribuant pouvant influencer sur les pathologies de sur-usage.

Promouvoir la course à pied de longue distance bien menée se confronte aux idées que cette activité peut être délétère pour nos articulations. Il serait intéressant de connaître à quel moment le stress mécanique devient néfaste et quelle en est sa limite précise afin de définir sa bonne « quantification » (Dubois, 2010). Enfin, il est important de favoriser la recherche pour gagner en évidence et pertinence clinique.

L'IRM semblerait être une technique de plus en plus utilisée et capable de donner des informations objectives quant aux changements précoces de l'intégrité du genou. Elle permettrait ainsi de guider la compréhension du rôle de l'exercice sur la santé du cartilage et sur la biomécanique fonctionnelle du coureur. Une fois à même de lire ces clichés, le physiothérapeute serait plus enclin à intégrer les résultats dans sa prise en charge sportive. Néanmoins, cet outil reste très coûteux et il est prescrit principalement dans un cadre médical spécifique. De plus, nous ne sommes pas certaines que l'IRM puisse entraîner un changement dans la pratique. Il deviendrait alors superflu et onéreux.

Les structures articulaires du genou semblent s'adapter à la charge qui leur est imposée lors d'une course de longue distance telle qu'un marathon. Même après un certain âge et de l'expérience, les structures ne semblent pas davantage lésées, au contraire. Le marathon n'apparaît pas accélérer la survenue de signes précurseurs d'arthrose et pourrait donc être pratiqué sans crainte. Toutefois, des controverses persistent. Il n'existerait pas de contre-indications à pratiquer la course à pied à bas/moyen volume. Le maintien d'une activité imposant une charge à nos articulations permettrait alors de lutter contre les effets néfastes de la sédentarité (Hansen et al., 2012).

6.7. Pistes de recherches futures

Au vu de la littérature disponible sur le sujet, il est difficile de conclure quant à l'effet d'un marathon sur les signes précurseurs de gonarthrose. Des recherches avec un plus

grand nombre de participants, un groupe contrôle et à plus long terme permettraient d'améliorer la qualité des conclusions. La relation de cause à effet entre signes immédiats et arthrose à long terme serait une piste envisageable pour une prochaine étude.

De plus, certains de nos articles relèvent la présence de lésions du genou avant l'intervention. Ces lésions sont-elles liées à une surcharge d'entraînement ? A l'âge du coureur ? A d'autres facteurs de risques ? Il serait judicieux d'évaluer l'effet de l'entraînement sur du long terme afin de déceler un impact éventuel sur les articulations par l'étude de différents groupes stratifiés selon leur volume d'entraînement.

Par ailleurs, la topographie des lésions pourrait être un sujet d'étude à investir. Luke et al. (2010) ont ainsi relevé plus de lésions au compartiment médial et patellofémoral sans pour autant approfondir la signification de ces résultats. Des données supplémentaires seraient nécessaires afin d'établir la prédominance d'une zone articulaire plus touchée. En outre, lier la topographie de l'arthrose à une biomécanique de course serait une autre piste envisageable. Cela permettrait d'évaluer si la façon de courir du marathonien surcharge une zone particulière de l'articulation et ainsi de permettre au physiothérapeute d'adapter sa prise en charge.

Nous avons choisi l'IRM en tant que moyen d'investigation. Nous avons remarqué que nos articles utilisent différents protocoles d'IRM. Une étude comparative des divers protocoles serait judicieuse afin d'établir le processus d'investigation le plus probant pour détecter des signes précurseurs d'arthrose chez une population de coureurs expérimentés.

Ensuite, investiguer de manière plus approfondie le lien existant entre le niveau d'activité et l'apparition de signes d'arthrose serait nécessaire afin de guider les débutants dans leurs premiers marathons. Comme nous l'avons vu, seule une de nos études (Hohmann et al., 2005) examine différentes populations en fonction de leur niveau : débutants, expérimentés et professionnels. Elle conclut que les coureurs débutants ont un plus grand risque de développer de l'arthrose par rapport aux coureurs chevronnés. D'autres études sur le sujet permettraient de compléter ces résultats et aider le physiothérapeute dans son rôle de prévention des lésions.

Des recherches supplémentaires sur les facteurs contribuant seraient judicieuses. Les chaussures, le type de surface ou encore les sports annexes pratiqués sont des pistes à approfondir d'avantage quant à leur pertinence clinique et leur rôle dans l'apparition de l'arthrose. Le physiothérapeute serait plus à même de prodiguer des conseils de qualité à ses patients.

VII. Conclusion

Notre objectif était d'évaluer le lien entre la course de longue distance de type marathon et la gonarthrose. Si nous reprenons les conclusions des articles sélectionnés, la majorité s'accorde sur l'absence de lien entre le marathon et l'apparition de signes précurseurs d'arthrose. Manifestement, le corps semble capable de s'adapter à une charge régulière sur le long terme lorsqu'il est préparé.

Les résultats concernant l'intégrité du cartilage, l'œdème de la moelle osseuse et l'effusion intra articulaire et les ménisques sont controversés même s'ils tendent vers une absence d'effet sur le genou. Les ligaments ne sont pas affectés par l'intervention.

Il est important de replacer les résultats dans leur contexte en signalant que la présence de facteurs contribuant ainsi que la qualité limitée de nos articles nous obligent à pondérer nos conclusions. D'autres études seraient nécessaires afin de les valider.

Nous avons vu que la prévention et la promotion de la santé sont des éléments essentiels dans la thérapie du sport. Ainsi, le physiothérapeute accompagne le coureur en le guidant dans sa qualité de course et dans l'adaptation de sa pratique par rapport à ses facteurs personnels. Comme le mentionnent Hohmann et al. :

« Too fast, too fat, too tough, too soon
will almost certainly cause osteoarthritis... »

(Hohmann & Bryant, 2006)

VIII. Bibliographie

Les cinq articles sélectionnés

- Hohmann, E., Wörtler, K. & Imhoff, A. (2005). [Osteoarthritis from long-distance running?]. *Sportverletzung Sportschaden: Organ der Gesellschaft für Orthopädisch-Traumatologische Sportmedizin*, 19(2), 89-93.
- Krampla, W., Mayrhofer, R., Malcher, J., Kristen, K. H., Urban, M. & Hruby, W. (2000). MR imaging of the knee in marathon runners before and after competition. *Skeletal Radiology*, 30(2), 72-76.
- Krampla, W. W., Newrkla, S. P., Kroener, A. H. & Hruby, W. F. (2008). Changes on magnetic resonance tomography in the knee joints of marathon runners: a 10-year longitudinal study. *Skeletal Radiology*, 37(7), 619-626.
- Luke, A. C., Stehling, C., Stahl, R., Li, X., Kay, T., Takamoto, S., ... Link, T. (2010). High-field magnetic resonance imaging assessment of articular cartilage before and after marathon running does long-distance running lead to cartilage damage? *The American Journal of Sports Medicine*, 38(11), 2273-2280.
- Schueller-Weidekamm, C., Schueller, G., Uffmann, M. & Bader, TR. (2006). Does marathon running cause acute lesions of the knee? Evaluation with magnetic resonance imaging. *European Journal of Radiology*, 16, 2179-2185.

Articles

- Abt, J. P., Sell, T. C., Chu, Y., Lovalekar, M., Burdett, R. G. & Lephart, S. M. (2011). Running kinematics and shock absorption do not change after brief exhaustive running. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 25(6), 1479-1485. doi:10.1519/JSC.0b013e3181ddfcf8
- Bennell, K. L., Bowles, K.-A., Wang, Y., Cicuttini, F., Davies-Tuck, M. & Hinman, R. S. (2011). Higher dynamic medial knee load predicts greater cartilage loss over 12 months in medial knee osteoarthritis. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 70(10), 1770-1774. doi:10.1136/ard.2010.147082
- Bonacci, J., Saunders, P. U., Hicks, A., Rantalainen, T., Vincenzino, B. G. T. & Spratford, W. (2013). Running in a minimalist and lightweight shoe is not the

- same as running barefoot: a biomechanical study. *British Journal of Sports Medicine*, 47(6), 387-392. doi:10.1136/bjsports-2012-091837
- Bovens, A., Janssen, G., Vermeer, H., Hoeberigs, J., Janssen, M. & Verstappen, F. (1989). Occurrence of Running Injuries in Adults Following a Supervised Training Program*. *International Journal of Sports Medicine*, 10(S 3), S186-S190. doi:10.1055/s-2007-1024970
- Chakravarty, E. F., Hubert, H. B., Lingala, V. B., Zatarain, E. & Fries, J. F. (2008). Long Distance Running and Knee Osteoarthritis A Prospective Study. *American journal of preventive medicine*, 35(2), 133-138.
- Chan, D. D. & Neu, C. P. (2013). Probing articular cartilage damage and disease by quantitative magnetic resonance imaging. *Journal of the Royal Society Interface*, 10(78). doi:10.1098/rsif.2012.0608
- Chan-Roper, M., Hunter, I., Myrer, J. W., Eggett, D. L. & Seeley, M. K. (2012). Kinematic Changes During a Marathon for Fast and Slow Runners. *Journal of Sports Science & Medicine*, 11(1), 77.
- Cheng, Y., Macera, C. A., Davis, D. R., Ainsworth, B. E., Troped, P. J., & Blair, S. N. (2000). Physical activity and self-reported, physician-diagnosed osteoarthritis: is physical activity a risk factor? *Journal of Clinical Epidemiology*, 53(3), 315-322.
- Cymet, T. C. & Sinkov, V. (2006). Does long-distance running cause osteoarthritis? *The Journal of the American Osteopathic Association*, 106(6), 342-345.
- Dunn, T. C., Lu, Y., Jin, H., Ries, M. D. & Majumdar, S. (2004). T2 relaxation time of cartilage at MR imaging: comparison with severity of knee osteoarthritis. *Radiology*, 232(2), 592-598. doi:10.1148/radiol.2322030976
- Fields, K. B., Sykes, J. C., Walker, K. M. & Jackson, J. C. (2010). Prevention of Running Injuries. *Current Sports Medicine Reports (American College of Sports Medicine)*, 9(3), 176-182.
- Gibson, K., Sayers, S. P. & Minor, M. A. (2012). An evidence-based recommendation for the inclusion of specific local intrinsic factors in the study of knee

- osteoarthritis. *The Knee*, 19(6), 890-895. doi:10.1016/j.knee.2012.04.003
- Gillespie, G. N. & Porteous, A. J. (2007). Obesity and knee arthroplasty. *The Knee*, 14(2), 81-86. doi:10.1016/j.knee.2006.11.004
- Hall, J. P. L., Barton, C., Jones, P. R. & Morrissey, D. (2013). The biomechanical differences between barefoot and shod distance running: a systematic review and preliminary meta-analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 43(12), 1335-1353. doi:10.1007/s40279-013-0084-3
- Hansen, P., English, M. & Willick, S. E. (2012). Does running cause osteoarthritis in the hip or knee? *PM & R: The Journal of Injury, Function, and Rehabilitation*, 4(5 Suppl), S117-121.
- Hardin, E. C., van den Bogert, A. J. & Hamill, J. (2004). Kinematic adaptations during running: effects of footwear, surface, and duration. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(5), 838-844.
- Hauswirth, C., Bigard, A., Berthelot, M., Thomaïdis, M. & Guezennec, C. (2007). Variability in Energy Cost of Running at the End of a Triathlon and a Marathon. *International Journal of Sports Medicine*, 17(08), 572-579. doi:10.1055/s-2007-972897
- Hinterwimmer, S., Feucht, M. J., Steinbrech, C., Graichen, H. & von Eisenhart-Rothe, R. (2013). The effect of a six-month training program followed by a marathon run on knee joint cartilage volume and thickness in marathon beginners. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy: Official Journal of the ESSKA*. doi:10.1007/s00167-013-2686-6
- Hochberg, M. C., Altman, R. D., April, K. T., Benkhalti, M., Guyatt, G., McGowan, J., ... American College of Rheumatology. (2012). American College of Rheumatology 2012 recommendations for the use of nonpharmacologic and pharmacologic therapies in osteoarthritis of the hand, hip, and knee. *Arthritis Care & Research*, 64(4), 465-474.
- Hohmann, E. & Bryant, A. (2006). Long Distance Running and Osteoarthritis. *SportEX medicine*. Accès http://www.sirc.ca/newsletters/mid-may07/sub_feat1b.cfm

- Hohmann, E., Wörtler, K. & Imhoff, A. B. (2004). MR Imaging of the Hip and Knee Before and After Marathon Running. *The American Journal of Sports Medicine*, 32(1), 55-59. doi:10.1177/0363546503258904
- Hunter, D. J. & Eckstein, F. (2009). Exercise and osteoarthritis. *Journal of Anatomy*, 214(2), 197-207. doi:10.1111/j.1469-7580.2008.01013.x
- Hunter, D. J., Zhang, W., Conaghan, P. G., Hirko, K., Menashe, L., Li, L., ... Losina, E. (2011). Systematic review of the concurrent and predictive validity of MRI biomarkers in OA. *Osteoarthritis and Cartilage / OARS, Osteoarthritis Research Society*, 19(5), 557-588. doi:10.1016/j.joca.2010.10.029
- Kasmer, M. E., Liu, X.-C., Roberts, K. G. & Valadao, J. M. (2013). The relationship of foot strike pattern, shoe type, and performance in a 50-km trail race. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*. doi:10.1519/JSC.0b013e3182a20ed4
- Kessler, M. A., Glaser, C., Tittel, S., Reiser, M. & Imhoff, A. B. (2006). Volume Changes in the Menisci and Articular Cartilage of Runners An In Vivo Investigation Based on 3-D Magnetic Resonance Imaging. *The American Journal of Sports Medicine*, 34(5), 832-836.
- Kessler, M. A., Glaser, C., Tittel, S., Reiser, M. & Imhoff, A. B. (2008). Recovery of the menisci and articular cartilage of runners after cessation of exercise: additional aspects of in vivo investigation based on 3-dimensional magnetic resonance imaging. *The American Journal of Sports Medicine*, 36(5), 966-970. doi:10.1177/0363546507313093
- Knechtle, B., Zingg, R., Rüst, Rosemann, T. & Lepers, R. (2013). Reduced performance difference between sexes in master mountain and city marathon running. *International Journal of General Medicine*, 6, 267-275. doi:10.2147/IJGM.S44115
- Lane, N. E., Oehlert, J. W., Bloch, D. A. & Fries, J. F. (1998). The relationship of running to osteoarthritis of the knee and hip and bone mineral density of the lumbar spine: a 9 year longitudinal study. *The Journal of Rheumatology*, 25(2), 334-341.

- Lazzarini, K. M., Troiano, R. N. & Smith, R. C. (1997). Can running cause the appearance of marrow edema on MR images of the foot and ankle? *Radiology*, 202(2), 540-542. doi:10.1148/radiology.202.2.9015087
- Lenhart, R. L., Thelen, D. G., Wille, C. M., Chumanov, E. S. & Heiderscheit, B. C. (2014). Increasing running step rate reduces patellofemoral joint forces. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46(3), 557-564. doi:10.1249/MSS.0b013e3182a78c3a
- Lepers, R. & Cattagni, T. (2012). Do older athletes reach limits in their performance during marathon running? *AGE*, 34(3), 773-781. doi:10.1007/s11357-011-9271-z
- Leyk, D., Erley, O., Gorges, W., Ridder, D., R  ther, T., Wunderlich, M., ... Erren, T. (2009). Performance, Training and Lifestyle Parameters of Marathon Runners Aged 20–80 Years: Results of the PACE-study. *International Journal of Sports Medicine*, 30(05), 360-365. doi:10.1055/s-0028-1105935
- Li, X., Han, E. T., Ma, C. B., Link, T. M., Newitt, D. C. & Majumdar, S. (2005). In vivo 3T spiral imaging based multi-slice T(1rho) mapping of knee cartilage in osteoarthritis. *Magnetic Resonance in Medicine: Official Journal of the Society of Magnetic Resonance in Medicine / Society of Magnetic Resonance in Medicine*, 54(4), 929-936. doi:10.1002/mrm.20609
- Li, X., Ma, C. B., Link, T. M., Castillo, D.-D., Blumenkrantz, G., Lozano, J., ... Majumdar, S. (2007). In vivo T1rho and T2 mapping of articular cartilage in osteoarthritis of the knee using 3 Tesla MRI. *Osteoarthritis and cartilage / oars, Osteoarthritis Research Society*, 15(7), 789-797. doi:10.1016/j.joca.2007.01.011
- Loeuille, D., Goebel, J.-C., Rat, A.-C., Watrin, A., Gillet, P., Pourel, J., ... Chary-Valckenaere, I. (2006). Apport de l'IRM au bilan l  sionnel cartilagineux et articulaire dans la pathologie d  g  n  rative du genou. *Revue du Rhumatisme*, 73, 609-616.
- Lohman, M., Kivisaari, A., Vehmas, T., Kallio, P., Malmivaara, A. & Kivisaari, L. (2001). MRI abnormalities of foot and ankle in asymptomatic, physically active individuals. *Skeletal Radiology*, 30(2), 61-66.
- Lopes, A. D., Hespanhol J  nior, L. C., Yeung, S. S. & Costa, L. O. P. (2012). What are

the main running-related musculoskeletal injuries? A Systematic Review. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 42(10), 891-905. doi:10.2165/11631170-000000000-00000

Marti, B., Vader, J. P., Minder, C. E. & Abelin, T. (1988). On the epidemiology of running injuries. The 1984 Bern Grand-Prix study. *The American Journal of Sports Medicine*, 16(3), 285-294.

Messier, S. P., Legault, C., Schoenlank, C. R., Newman, J. J., Martin, D. F. & DeVita, P. (2008). Risk factors and mechanisms of knee injury in runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(11), 1873-1879. doi:10.1249/MSS.0b013e31817ed272

Miller, R. H., Edwards, W. B., Brandon, S. C. E., Morton, A. M. & Deluzio, K. J. (2014). Why don't most runners get knee osteoarthritis? A case for per-unit-distance loads. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46(3), 572-579. doi:10.1249/MSS.0000000000000135

Mosher, T. J., Liu, Y. & Torok, C. M. (2010). Functional cartilage MRI T2 mapping: evaluating the effect of age and training on knee cartilage response to running. *Osteoarthritis and Cartilage / OARS, Osteoarthritis Research Society*, 18(3), 358-364.

Nielsen, R. O., Buist, I., Sorensen, H., Lind, M. & Rasmussen, S. (2012). Training errors and running related injuries: a systematic review. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 7(1), 58-75.

Noyes, F. R. & Stabler, C. L. (1989). A system for grading articular cartilage lesions at arthroscopy. *The American Journal of Sports Medicine*, 17(4), 505-513. doi:10.1177/036354658901700410

Östör, A. J. K. & Conaghan, P. G. (2006). Is there a relationship between running and osteoarthritis? *International SportMed Journal*, 7(2), 75-84.

Peterfy, C. G., Guermazi, A., Zaim, S., Tirman, P. F. J., Miaux, Y., White, D., ... Genant, H. K. (2004). Whole-Organ Magnetic Resonance Imaging Score (WORMS) of the knee in osteoarthritis. *Osteoarthritis and Cartilage / OARS, Osteoarthritis Research Society*, 12(3), 177-190. doi:10.1016/j.joca.2003.11.003

- Rasmussen, C. H., Nielsen, R. O., Juul, M. S. & Rasmussen, S. (2013). Weekly running volume and risk of running-related injuries among marathon runners. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 8(2), 111-120.
- Rauscher, I., Stahl, R., Cheng, J., Li, X., Huber, M. B., Luke, A., ... Link, T. M. (2008). Meniscal Measurements of T1ρ and T2 at MR Imaging in Healthy Subjects and Patients with Osteoarthritis. *Radiology*, 249(2), 591-600. doi:10.1148/radiol.2492071870
- Regatte, R. R., Akella, S. V. S., Lonner, J. H., Kneeland, J. B. & Reddy, R. (2006). T1ρ relaxation mapping in human osteoarthritis (OA) cartilage: comparison of T1ρ with T2. *Journal of Magnetic Resonance Imaging: JMRI*, 23(4), 547-553. doi:10.1002/jmri.20536
- Roos, H. (1998). [Increased risk of knee and hip arthrosis among elite athletes. Lower level exercise and sports seem to be « harmless »]. *Läkartidningen*, 95(42), 4606-4610.
- Schäfer, M., & Dreinhöfer, K. (2009). [Sports and osteoarthritis]. *Zeitschrift für Rheumatologie*, 68(10), 804-810. doi:10.1007/s00393-009-0552-1
- Schmitt, H., Rohs, C., Schneider, S. & Clarius, M. (2006). [Is competitive running associated with osteoarthritis of the hip or the knee?]. *Der Orthopäde*, 35(10), 1087-1092.
- Slim, K., Nini, E., Forestier, D., Kwiatkowski, F., Panis, Y., & Chipponi, J. (2003). Methodological index for non-randomized studies (MINORS): development and validation of a new instrument. *ANZ Journal of Surgery*, 73(9), 712-716. doi:10.1046/j.1445-2197.2003.02748.x
- Van Gent, R. N., Siem, D., van Middelkoop, M., van Os, A. G., Bierma-Zeinstra, S. M. A., Koes, B. W. & Taunton, J. E. (2007). Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: a systematic review * COMMENTARY. *British Journal of Sports Medicine*, 41(8), 469-480. doi:10.1136/bjsm.2006.033548
- Whyte, G. (2014). Age, sex and (the) race: gender and geriatrics in the ultra-endurance age. *Extreme Physiology & Medicine*, 3(1), 1. doi:10.1186/2046-7648-3-1

- Williams, P. (2007). Maintaining vigorous activity attenuates 7-yr weight gain in 8340 runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(5), 801-809. doi:10.1249/mss.0b013e31803349b1
- Williams, P. (2013). Effects of Running and Walking on Osteoarthritis and Hip Replacement Risk. *Medicine and Science in Sports & Exercise July 2013*, 45(7), 1292-1297. doi:10.1249/MSS.0b013e3182885f26
- Zadpoor, A. A. & Nikooyan, A. A. (2012). The effects of lower-extremity muscle fatigue on the vertical ground reaction force: A meta-analysis. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine*, 226(8), 579-588. doi:10.1177/0954411912447021
- Zeller, L. & Sukenik, S. (2008). [The association between sports activity and knee osteoarthritis]. *Harefuah*, 147(4), 315-319, 374.
- Zilterner, J.-L., Leal, S. & Borloz, S. (2012). Activités physiques – sport et arthrose. *Rhumatologie, Volume 332*(10), 564-570. Accès <http://rms.medhyg.ch/numero-332-page-564.htm>
- Zingg, M., Karner-Rezek, K., Rosemann, T., Knechtle, B., Lepers, R. & Rüst, C. (2014). Will women outrun men in ultra-marathon road races from 50 km to 1,000 km? *SpringerPlus*, 3(1), 97. doi:10.1186/2193-1801-3-97
- Zingg, M., Rüst, C. A., Lepers, R., Rosemann, T. & Knechtle, B. (2013). Master runners dominate 24-h ultramarathons worldwide-a retrospective data analysis from 1998 to 2011. *Extreme Physiology & Medicine*, 2(1), 21. doi:10.1186/2046-7648-2-21

Livres

- Domholdt, E. (2000). *Physical Therapy Research. Principles and applications* (2^e éd). Indianapolis: Saunders.
- Dubois, B. (2010). *Prévention des blessures dans la course à pied*. Québec : La Clinique du Coureur.
- Magnin, P. & Cornu, J.Y. (1997). *Médecine du sport. Pratiques du sport et accompagnements médicaux*. France : Ellipses.

Marieb, E. N., & Hoehn, K. (2010). *Anatomie et physiologie humaines* (8^e éd). Saint-Laurent : ERPI.

Melnyk, B.M. & Fineout-Overholt, E. (2010). *Evidence-based practice in nursing and healthcare: a guide to best practice* (2^e éd). Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams and Wilkins.

Monod, H., & Rochcongar, P. (2009). *Médecine du sport*. Elsevier Masson.

Villiger, P. M. & Seitz, M., (2008). *Rhumatologie*. France : Médecine Sciences Flammarion.

Sites internet

Cousement, A. (2008). *L'IRM sans peine (le chant des protons)*. [pdf]
Accès <http://cousement.unice.fr/french.pdf>

Info-radiologie. (2013). *Imagerie par résonance magnétique (IRM)*.
Accès http://www.info-radiologie.ch/resonance_magnetique.php (consulté le 11 juillet 2013).

Dubois, B. (2014). *La clinique du coureur*. Accès
<http://www.lacliniqueducoureur.com/fr/accueil/>

Ziltener, J.-L. (2011). *Aspects physiologiques et biomécaniques de la course à pied : Journée scientifique des HUG* [pdf]. Accès http://hps.hugge.ch/_library/marathonGE2011ziltener.pdf

Ziltener, J.-L. (13 mai 2014). Quand la course à pied trouve ses limites ? : formation continue organisée par Physiogenève [pdf]. Accès
<http://www.physioswiss.ch/index.cfm?nav=14,1629>

IX. Liste des annexes

Annexe 1 : Thesaurus et équations de recherches	XVII
Annexe 2 : Tableaux d'extraction de données des articles	XVIII
Annexe 3 : Tableau représentatif des différents outcomes	XXXV
Annexe 4 : Evaluation de l'intégrité du cartilage	XXXVI
Annexe 5 : Images de la WORMS	XXXVII
Annexe 6 : Echelle de qualité Minors	XXXVIII
Annexe 7 : Tableau de la qualité des articles selon l'échelle MINORS	XL
Annexe 8 : Graphiques des résultats cartilage	XLI
Annexe 9 : Graphique des résultats de l'outcome moelle osseuse	XLIV
Annexe 10 : Grades pour l'intégrité des ménisques	XLV

Annexe 1 : Thesaurus et équations de recherches

Thesaurus

PubMed: MeSH Terms « running[MeSH Terms] » « joint, knee[MeSH Terms] »
« knee[MeSH Terms] » « joint disease[MeSH Terms] »

Ebsco Cinahl plus with full text : Cinahl headings « MH Knee », « MH Knee Joint »,
« MH Running », « MH Joint Diseases »

Ebsco SPORTDiscus: Thesaurus « DE KNEE », « DE RUNNING », « DE LONG-distance runners », « DE LONG-distance running », « DE MARATHON running »,
« DE ARTHRITIS », « DE OSTEOARTHRITIS »

Équations de recherche

Pubmed => (running[MeSH Terms] OR marathon* OR long distance* running* OR long distance* runner* OR running*) AND (joint, knee[MeSH Terms] OR knee[MeSH Terms] OR joint*, knee* OR knee* joint* OR knee*) AND (joint disease[MeSH Terms] OR joint* disease* OR arthritis OR osteoarthritis) = 198

Ebsco SPORTDiscus => thesaurus: (DE KNEE OR knee joint* OR joint* knee OR knee) AND (DE RUNNING OR DE LONG-distance runners OR DE LONG-distance running OR DE MARATHON running OR long distance* running* OR long distance* runner* OR marathon* OR running*) AND (DE ARTHRITIS OR DE OSTEOARTHRITIS OR joint* disease* OR arthritis OR osteoarthritis) = 172

Ebsco Cinahl plus with full text => cinahl headings: (MH Knee OR MH Knee Joint OR knee* OR knee* joint* OR joint* knee*) AND (MH Running OR marathon* OR running* OR long distance* running* OR long distance* runner* OR long distance*) AND (MH Joint Diseases OR arthritis OR osteoarthritis OR joint disease*) = 65

The Cochrane library => (running* OR long distance* running* OR long distance* OR marathon* OR long distance* runner*) AND (knee* OR knee* joint* OR joint* knee*) AND (arthritis OR osteoarthritis OR joint* disease*) = 22

Pedro => running AND arthritis AND knee = 0

Kinédoc => course à pied ET arthrose ET genou = 0

Annexe 2 : Tableaux d'extraction de données des articles

E. Hohmann, K. Wörtler, A. Imhoff (2005) <i>Osteoarthrose durch Langenstreckenlaufen ?</i>	
Titre traduit	L'arthrose à travers la course de longue distance (course de fond) ?
Pays	Allemagne, Australie
Introduction	
Cadre théorique	Engouement grandissant pour la course à pied et surtout pour les marathons. Bénéfices connus sur le système cardio-vasculaire et sur les maladies métaboliques mais qu'en est-il des blessures de surcharge? Les connaissances actuelles ne sont pas en mesure d'indiquer si une charge permanente sur l'articulation favorise l'apparition d'arthrose.
Objectif	Investigation des effets d'un marathon, course de longue distance sur l'os et le cartilage chez différentes populations : débutants, confirmés, professionnels à l'aide d'un IRM et de radios (Rx).
Hypothèse	
Méthodologie	
Design de l'étude	Cohorte avec groupe contrôle
Outcomes	Par grades : réaction du cartilage subchondral, œdème de la moelle osseuse, effusion articulaire, réaction périostée
Population cible	Débutants, coureurs confirmés et marathoniens professionnels asymptomatiques
Critères d'inclusion	<p>*Groupe débutants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - ø d'expérience dans les sports d'endurance sauf joggings occasionnels <p>*Groupe confirmé :</p> <ul style="list-style-type: none"> - actif depuis minimum 5 ans dans la course à pied - entraînement entre 50 et 100km par semaine - temps moyen au marathon <4h <p>*Groupe professionnels :</p> <ul style="list-style-type: none"> - entraînement >150km par semaine - meilleur temps au marathon < 2h30
Critères d'exclusion	<ul style="list-style-type: none"> - ø de blessure de surcharge dans les 6 derniers mois avant l'étude - ø de chirurgie du membre inférieur dans les 12 derniers mois avant l'étude
Sélection	
Groupes	Débutants (=7), Confirmés (=6), Professionnels (=2)
Caractéristiques échantillon	<p>*Groupe débutants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Age : entre 30 et 60 ans (moyenne 41,5) - 1 femme et 6 hommes <p>*Groupe confirmés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Age : entre 23 et 58 ans (moyenne 39,8) - 0 femme et 6 hommes <p>* Groupe professionnels :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Age : entre 32 et 34 ans (moyenne 33) - 0 femme et 2 hommes
Intervention	Marathon de Munich pour tous les participants (débutants compris)
Evaluateur baseline et IRM	Radiologue indépendant selon des grades établis.
Type d'IRM	Coronaire T1 spin écho weighted Coronaire STIR séquence
IRM pré-intervention	72 à 96h pré marathon
IRM post-intervention	48 à 72h post marathon
IRM suivi	
Autres outils de	Radios pour évaluer les axes de membres inférieurs

mesure	
Informations sur la période post marathon	
Consentement	
Aspect éthique	
Conflit d'intérêt	
Analyse de données	
Test statistiques utilisés	
Résultats	
Cartilage	<p>Table de classification : Stade 1 : pas d'œdème sur T1 et T2/pas d'épanchement, effusion Stade 2 : œdème sur T2 seulement/effusion minime Stade 3 : œdème sur T2, réaction périostée/effusion modérée Stade 4 : œdème sur T2, réaction périostée, réaction de l'os sous chondral importante sur T1/ effusion importante</p> <p>Résultats : Pré => 7 stades 1 chez les débutants 5 stades 1 et 1 stade 2 chez les expérimentés 2 stades 1 chez les professionnels Post => 1 stade 1/ 5 stades 2/ 1 stade 3 chez débutants 5 stades 1/ 1 stade 2 chez expérimentés 2 stades 1 chez professionnels DONC en pré 14 personnes sans réaction sur le cartilage {100%} en post idem {100%} Proportions idem concernant une population uniquement de marathoniens</p>
Moelle osseuse	<p>Table de classification : idem outcome cartilage Résultats : idem outcome cartilage (grades) DONC en pré 14 personnes sans œdème {93%} et 1 avec œdème sur T2 uniquement {7%} en post 8 personnes sans œdème {53%}/ 6 personnes avec œdème sur T2 uniquement {40%}/ 1 personne avec un œdème sur T2 (+ réaction périostée, ...) {7%} Pour une population formée que de marathoniens : en pré 7 personnes sans œdème {87,5%}/ 1 personne avec œdème sur T2 {12,5%} en post idem Le stade 2 chez le coureur expérimenté idem avant et après la course : pas d'augmentation de volume. Coureur blessé à la patella 18 mois avant la course. Le stade 3 lié à des défauts d'axes (léger varus à la hanche et varus au genou)</p>
Effusion intra articulaire	<p>Table de classification : idem outcome cartilage Résultats : idem outcome cartilage (grades) DONC en pré => 14 personnes sans effusion {93%} et 1 personne avec effusion minime {7%} en post => 8 personnes sans effusion {53%}/ 6 personnes avec effusion minime {40%}/ 1 personne avec effusion modérée {7%} Pour une population formée que de marathoniens : en pré => 7 personnes sans effusion {87,5%}/ 1 personne avec effusion minime {12,5%} en post => idem</p>
Périoste	<p>Table de classification : idem outcome cartilage Résultats : idem outcome cartilage (grades) DONC en pré => 0 personne avec réaction périostée (0%)</p>

	<p>en post => 1 personne avec réaction périostée (7%) et 14 personnes sans réaction périostée (93%)</p> <p>Pour une population formée que de marathoniens :</p> <p>en pré => 0 personne avec réaction périostée (0 %)</p> <p>en post => idem</p>
Discussion	
Généralités	<p>Marathon = charge excessive sur l'articulation.</p> <p>Controverse sur les dommages éventuels causés.</p> <p>Défaut d'axe = facteur potentiel de surcharge de l'articulation amenant une dégénération précoce de l'articulation. Pas de connaissances en cas de défaut d'axe très léger.</p> <p>Style de course, chaussure et surface influencent les impacts sur articulation.</p> <p>Si capacité d'adaptation non dépassée : pas de risque de dégénérescence précoce (ne pas augmenter subitement l'intensité et le volume d'entraînement).</p> <p>Hanche et genou= articulations proche des structures cartilagineuses.</p> <p>Marathonien et coureurs expérimentés compensent l'augmentation de charges</p> <p>Chez les débutants : signes dégénération à l'IRM. Seuls les jeunes sans défauts d'axe n'en ont pas.</p> <p>Manifestement, le corps s'adapte tant que les limites physiologiques ne sont pas dépassées</p> <p>Un temps de récupération entre les entraînements est nécessaire pour laisser au corps le temps de s'adapter et de réparer les micros lésions sinon risques d'arthrose.</p> <p>Entraînements adaptés.</p>
Points +	<p>Lie les défauts d'axes à une charge inégale => stades plus élevés</p> <p>IRM = sensibilité et spécificité prouvée</p> <p>Résultats dits significatifs sans données statistiques</p>
Points -	<p>Population essentiellement masculine</p> <p>Nombre faible de participants => représente la population ?</p> <p>Personnes blessées par la course à pied non incluses</p>
Ouverture vers la recherche	Pour déterminer si ces résultats sont le fruit d'un entraînement inadéquat (durée et distance) il faut des études supplémentaires.
Conclusion	
Conclusion	<p>Coureurs expérimentés et professionnels s'adaptent bien aux charges d'un marathon sur les articulations.</p> <p>Coureurs débutants montrent une surcharge après la course.</p> <p>Entraînement doit être ciblé et individuel. Il faut éviter la surcharge.</p> <p>Une adaptation à la charge a lieu chez les coureurs de longue distance et aucuns changements dégénératifs suscités.</p> <p>Résultats significatifs. Pour déterminer si ces résultats sont le résultat d'un entraînement inadéquat (durée et distance), il faut des études supplémentaires.</p> <p>Coureurs qui ont un axe de MI différent de la norme de façon modérée devrait s'abstenir de courir.</p>
Bibliographie	
Sources	1983 à 2004 nombreuses sources dans les années 90 (soit 10 ans avant étude)
Divers	
Commentaires personnels	Nouvelle paire de chaussure offerte deux semaines avant le marathon

AC. Luke, C. Stehling, R. Stahl, X. Li, T. Kay, S. Takamoto, B. Ma, S. Majumdar, T. Link (2010) <i>High-Field Magnetic resonance Imaging Assessment of Articular Cartilage Before and After Marathon Running : Does Long-Distance Running Lead to Cartilage Damage ?</i>	
Titre traduit	Evaluation du cartilage articulaire par imagerie à haut-champ de résonance magnétique avant et après marathon: la course de longue distance génère-t-elle des lésions du cartilage?
Introduction	
Cadre théorique	Controverse à savoir si la course de longue distance engendre ou non des dommages irréversibles sur le cartilage articulaire. Développement d'une nouvelle technique quantitative d'imagerie à résonance magnétique (IRM) utilisant 3.0 T. Inclusion des temps de relaxations T1rho et T2 qui détectent la détérioration précoce des protéoglycans et du collagène du cartilage. T1 rho \rightarrow reflet du changement de la composition biochimique de la matrice extracellulaire cartilagineuse (protéoglycans/collagène) T2 \rightarrow changement dans l'orientation et contenu du collagène dans la matrice, contenu en eau, dégradation des protéoglycans
Objectif	Investigation des effets d'un marathon, course de longue distance, sur la composition biochimique du cartilage articulaire en utilisant une IRM quantitative de haut-champ de résonance.
Hypothèse	Les marathoniens démontreront des changements en T1rho et T2 sur l'IRM du cartilage articulaire après un marathon contrairement aux non-coureurs. Ces changements sont réversibles.
Méthodologie	
Design de l'étude	Cohorte avec groupe contrôle
Outcomes	Lésions cartilagineuses (Noyes and Stabler system scoring), œdème de la moelle osseuse (WORMS), mesures T1rho et T2, changements morphologiques grossiers (extrusion ou fissure méniscale, ostéophytes, kystes subchondraux, effusion articulaire, synovite, kystes péri-articulaires, corps étrangers, dommages de l'intégrité des ligaments collatéraux et croisés)
Population cible	Marathoniens asymptomatiques
Critères d'inclusion	*Groupe marathoniens : - ≥ 3 marathons au préalable - \emptyset marathon couru dans les 4 mois précédents l'intervention - \emptyset histoire de douleur au genou (< 1 mois de douleur au genou dans une année donnée) - \emptyset de diminution des habitudes d'entraînement à cause d'une blessure avant le marathon - histoire d'opération du MI - BMI < 30 + période de repos au moins deux semaines avant le marathon + aucune préparation à un marathon dans les trois mois après le marathon *Groupe contrôle : \emptyset marathon couru dans les 5 ans et une moyenne de pratique < 30 minutes par jour
Critères d'exclusion	
Sélection	Recrutement volontaire au sein de clubs locaux de marathons
Groupes	Marathoniens (n=10) et Contrôle non-coureurs (n=10)
Caractéristiques échantillon	*Groupe marathoniens : -Age : moyenne de 31,4 \pm 5,4 ans -6 femmes et 4 hommes -BMI : moyenne de 23,7 \pm 2,7 kg/m ² -5 marathoniens ont participé au Nike Women's Marathon (2006) et 5 au San

	<p>Francisco Marathon (2007)</p> <p>*Groupe contrôle : aucune intervention</p> <p>-Age : moyenne de 30 +/- 5,4 ans</p> <p>-6 femmes et 4 hommes</p> <p>-BMI : moyenne de 23,1 +/- 2,2 kg/m2</p> <p>Baseline : histoire auto-reportée pré-participation + examen clinique musculosquelettique par l'auteur principal + questionnaire</p>
Intervention	Marathon hormis pour les contrôles
Evaluateur baseline et IRM	Radiologistes en aveugle. En cas de divergences de points de vue : consensus
Type d'IRM	<p>Morphologie cartilage + autres structures :</p> <p>Coronal T1 weighted fast spin-echo</p> <p>Coronal et axial intermediate fat suppressed FSE</p> <p>Sagittal fat saturated intermediate weighted FSE</p> <p>T1 weighted SPGR</p> <p>Matrice cartilagineuse :</p> <p>Sagittal T1 rho</p> <p>Sagittal T2</p> <p>(Genou dominant)</p>
IRM pré intervention	Dans les deux semaines de repos pré marathon (coureurs) / « baseline » ? (contrôle)
IRM post intervention	48h post-marathon
IRM suivi	10 à 12 semaines post marathon/baseline (coureurs/contrôles)
Autre outils de mesure	
Informations sur la période post marathon	Aucun préparatif de marathon dans les 3 mois suivant l'intervention
Consentement	Consentement éclairé par tous les participants
Aspect éthique	Etude approuvée par le comité pour la Recherche Humaine de leur institution
Conflit d'intérêt	
Analyse de données	
Test statistiques utilisés	<p>-Significativité statistique : $P < 0,05$</p> <p>-Comparaison des informations démographiques : t-tests</p> <p>-Comparaisons des valeurs T1rho et T2 pré et post marathon chez coureurs: t-tests pairés</p> <p>-Comparaisons des valeurs T1rho et T2 baseline et suivi à 3 mois entre coureurs et contrôles: t-tests pairés</p> <p>-Corrélation de T1rho et T2 : modèle de régression linéaire</p>
Résultats	
<p>Cartilage</p> <p>Grades : <u>Score Noyes modifié</u></p> <p>Mesures T1 rho et T2</p>	<p>*Groupe marathon :</p> <p>un grade 3 (patella) et un grade 4 (patella et condyle fémoral médial) (manque de données quant à la date de la mesure)</p> <p>*Groupe contrôle :</p> <p>un grade 2 (patella) et un grade 3 (trochlée) + une fissure méniscale postérieure asymptomatique</p> <p><i>cf. Tableau 1 et graphiques annexes</i></p> <p>Moyenne T1 rho (coureurs)</p> <p>Pré \square 37,0 ms +/- 4,2</p> <p>Post 48h \square 38,9 ms +/- 4,6 (augmentation significative dans toutes les régions sauf</p>

	compartiments latéraux tibia et fémur) Post 3 mois □ élévation comparée à baseline persistante sauf pour compartiments latéraux (un drop out) Moyenne T2 (coureurs) Pré /post 48h □ augmentation significative sauf compartiments latéraux Pré / post 3 mois □ persistance augmentation significative région fémorale médiale seulement
Moelle osseuse	*Groupe marathon : (WORMS) un grade 2 *Groupe contrôle : (WORMS) un grade 1
Morphologie	Pré et post 3 mois : aucun changement morphologique grossier chez les deux groupes
Discussion	
Généralités	Courir un marathon cause des changements biochimiques dans le cartilage articulaire (changements liquidiens selon l'augmentation réversible de T2 et l'augmentation de T1rho témoin d'une perte en protéoglycans). Selon T2, la matrice cartilagineuse retourne à son homéostasie et maintient ses propriétés structurales et fonctionnelles après un marathon. Changements perçus plus importants au niveau patellofémoral (+trochlée) et au compartiment médial expliquant la pathophysiologie du « runner's knee » (douleur antérieure/patellofémorale fréquente). Aucun changement morphologique grossier : la charge du marathon ne cause pas de dommage structurel aigu du cartilage articulaire des genoux avec une anatomie normale.
Ouverture vers la recherche	Apprendre comment T1rho change dans le temps et s'il permettrait d'aider au diagnostic d'un changement précoce du cartilage afin de guider la guérison et l'entraînement. Quantifier les changements cartilagineux grâce à T1rho et T2 afin de prédire le risque de développer de l'arthrose. Plus longs follow up pour analyser les changements variables de T1rho et T2.
Conclusion	
Conclusion	Changements du cartilage articulaire chez les coureurs suite à un marathon selon les mesures des temps de relaxation T1rho et T2. Les résultats de T2 sont réversibles après 3 mois d'activité réduite (dynamique des fluides naturelle avec l'exercice et la charge). Seuls ceux mesurés par T1rho restent élevés et majoritairement non réversibles >3 mois. Ainsi, les changements sont autres que des changements liquidiens dans le cartilage articulaire.
Bibliographie	
Sources	Plus ancienne : 1989. Reste des ressources récentes.
Divers	
Commentaires personnels	Biais de sélection: clubs de marathon □ volontaires, pub ? Activités à la baseline et à 3 mois selon des faits auto-rapportés + manque les informations du questionnaire quant aux caractéristiques de l'entraînement des coureurs. Manque d'informations quant aux activités post-intervention des 2 groupes. Manque de précision temporelle quant aux prises de mesures du groupe contrôle Manque de précision temporelle quant à l'intégrité du cartilage (Noyes modifié) Incohérences dans les résultats T1 rho et T2 entre les paragraphes Oubli et retard des prises post marathon de 3 participants

C. Schueller-Weideckamm, G. Schueller, M. Uffmann, T. R. Bader (2006) <i>Does marathon running cause acute lesions of the knee? Evaluation with magnetic resonance imaging.</i>	
Titre traduit	Un marathon cause-t-il des lésions aiguës du genou ? Evaluation avec l'imagerie par résonance magnétique (IRM).
Pays	Autriche
Introduction	
Cadre théorique	Popularité des marathons depuis ces deux dernières décennies qui, selon des études, augmente en parallèle avec les blessures de sur-usage (répétition excessive de stress spécifique aux courses de longue distance). Peu d'études étudient les lésions aiguës du genou suite à la course à pied visibles immédiatement post-course à l'IRM. La problématique « courir un marathon engendrerait-il des lésions aiguës du genou » reste sans réponse.
Objectif	Investiguer si courir un marathon engendre des lésions aiguës des ménisques, du cartilage, de la moelle osseuse, des ligaments et/ou d'une effusion articulaire du genou.
Hypothèse	
Méthodologie	
Design de l'étude	Cohorte
Outcomes	Lésions méniscales (échelle à 5 points) ; lésions cartilagineuses (échelle à 5 points), œdème de la moelle osseuse (3 types) ; lésions ligamentaires (échelle à 3 points), effusion intra-articulaire (grade 0 et 1) ; autres anomalies : syndrome de la bandelette ilio-tibiale, bursite et signal d'altération de l'épaisseur du tendon patellaire. Score total incluant toutes les lésions du genou.
Population cible	Marathoniens non-professionnels (Vienna City Marathon 2004) dont deux symptomatiques.
Critères d'inclusion	
Critères d'exclusion	Histoire d'antécédents d'opérations ou blessures du membre inférieur cible (deux coureurs symptomatiques avant course et deux coureurs ont eu une opération au genou controlatéral (il y a 5 et 8 ans) : aucune douleur pendant l'entraînement/marathon).
Sélection	
Groupe	Marathoniens (n=22)
Caractéristiques échantillon	-Age : moyenne de 32 +/- 5,3 ans -6 femmes et 16 hommes -Poids : 66,3 +/- 9,3 kg -BMI : moyenne de 20,5 +/- 0,06 kg/m ² -Distance par semaine : 56 +/- 14,6 km -Moyenne de mois d'entraînement : 4,9 +/- 2,9 mois (aucun entraînement durant les 5 jours précédents le marathon) -Moyenne du temps de course pour le marathon : 3h51 min +/- 0h36 min -Expérience d'au moins un marathon avant celui de Vienne (1 à 7) -2 coureurs symptomatiques pré-marathon : douleur au compartiment latéral de l'articulation tibio-fémorale -2 coureurs ont eu une opération au genou controlatéral (il y a 5 et 8 ans) : aucune douleur pendant l'entraînement/marathon Baseline : histoire auto-reportée pré-participation
Intervention	Courir le marathon de Vienne
Evaluateur baseline et IRM	Randomisation des images pré et post-marathon. 2 radiologistes expérimentés et un spécialiste. En cas de divergence : consensus établi et remporté par la majorité (fiabilité inter-observateur évaluée).
Types d'IRM	Sagittal proton density weighted Sagittal T2 weighted turbo spin echo Œdème moelle osseuse : STIR

	<p>Résultats :</p> <p>Pré \square 8 grades 1 5 grades 2</p> <p>Post \square 7 grades 1 6 grades 2</p> <p>13 participants (59%) ont une lésion méniscale pré/post marathon. Changement non-significatif. Lieu des altérations : corne postérieure du ménisque médial. Deux des coureurs présentant un grade 2 étaient symptomatiques avant la course et le sont aussi après. Pearson = 0,82</p>
Ligaments croisés/collatéraux	<p>Table de classification : échelle à 3 points (0 à 2)</p> <p>Grade 0 : Signal de faible intensité homogène avec une continuité de l'origine à l'insertion (intacte)</p> <p>Grade 1 : Altérations du signal intra ligamentaire augmentées avec orientation ligamentaire préservée (usure partielle)</p> <p>Grade 2 : Discontinuité ou ligament non-visibilisable (usure complète)</p> <p>Résultats :</p> <p>Pré \square 2 grades 1 0 grades 2</p> <p>Post \square 2 grades 1 0 grades 2</p> <p>Pearson = 0,67</p>
Tendon patellaire	<p>Pré \square 1 avec dégénération du tendon patellaire + transformation cystique+ effusion</p> <p>2 avec bombement du tendon patellaire (signal intra tendineux élevé)</p> <p>Post \square Idem</p>
Bandelette ilio-tibiale	<p>Post \square 2 syndromes de la bandelette ilio-tibiale (augmentation de la collection de fluides dans le compartiment latéral + douleur caractéristique)</p>
Score total	<p>Pré \square 2,27 +/- 1,93</p> <p>Post \square 2,32 +/- 1,81</p> <p>p>0,05 Valeur moyenne = 0,71</p>
Discussion	
Généralités	<p>Controverses dans les études étudiant le stress aigu causé aux genoux par un marathon. Courir un seul marathon cause seulement quelques lésions subtiles : adaptation du système musculosquelettique face aux répétitions de charges d'impacts externes par l'entraînement au marathon. L'activité physique des marathoniens leur apporte un stimulus adéquat pour renforcer leurs systèmes neuromusculaire et squelettique \square réduction du risque de blessures.</p>
Ouverture vers la recherche	<p>Evaluer les facteurs de risque des blessures dues à la course à pied qui peuvent survenir durant l'entraînement à un marathon afin de comprendre comment diminuer ces blessures.</p>
Conclusion	
Conclusion	<p>L'évaluation du genou avec l'IRM montre qu'un marathon ne cause aucune lésion aigüe sévère du cartilage, des ligaments ou de la moelle osseuse chez les coureurs bien entraînés. Seuls des changements subtils, effusion articulaire ou altérations du signal intra méniscal, sont visibles à l'imagerie post-marathon.</p>
Bibliographie	
Sources (récentes)	<p>Relativement contemporaines: 1982 à 2004. Majorité dans les années 90 et +</p>
Divers	
Commentaires personnels	<p>« Bien entraînés » = ? Quelle sélection ? Groupe homogène mais pas représentatif des coureurs en surpoids ou courant leur 1^{er} marathon sachant l'expérience de la population choisie. Protocole IRM précis pour éviter la survenue de biais. Idem pour la fiabilité inter-observatrice. Pas assez de précisions sur l'activité des participants.</p>

W. Krampla, R. Mayrhofer, J. Malcher, K.H. Kristen, M. Urban, W. Hruby (2000) <i>MR imaging of the knee in marathon runners before and after competition</i>	
Titre traduit	IRM du genou chez des coureurs marathoniens avant et après la compétition
Pays	Autriche
Introduction	
Cadre théorique	Etudes précédentes concernant des signaux d'altérations sur l'IRM de genoux de coureurs marathoniens montrent des résultats controversés. Une étude sur la cheville montre des œdèmes de la moelle osseuse significatifs.
Objectif	Evaluer les résultats d'IRM du genou chez des coureurs de longue distance amateurs afin d'apprécier la réversibilité des résultats.
Hypothèse	
Méthodologie	
Design de l'étude	Cohorte
Outcomes	Lésions méniscales (grades de I à IIIb) ; lésions cartilagineuses (grades I à IV) ; œdème de la moelle osseuse (haut signal sur T2 spécialement TIRM, bas signal sur T1-weighted/ diffus ou localisé), fluides dans l'articulation (apparence normale vs augmentée) ; lésions du tendon patellaire (signaux d'altération et épaissement) ; ligaments croisés (signaux d'altération, intégrité et épaissement) ; ligaments collatéraux médial et latéral (épaissement, signaux d'altération et continuité)
Population cible	Marathoniens non-professionnels sains ou blessés ayant subi une opération ou non
Critères d'inclusion	Sentiment subjectif personnel de pouvoir finir le marathon de Vienne
Critères d'exclusion	
Sélection	Volontaires
Groupes	Marathoniens (n=10) => un blessé qui n'a pas couru et un drop out (donc n= 8)
Caractéristiques échantillon	-Age : entre 27 et 46 ans (moyenne 37) -0 femme et 8 hommes - 6 coureurs asymptomatiques - 2 coureurs symptomatiques pré-marathons: légère douleur au compartiment latéral du genou -2 coureurs ont eu une opération de résection méniscale (il y a 4 et 15 ans) - Coureurs occasionnels (« recreationnal ») courant depuis 5 à 20 ans sur de longues distances Baseline : histoire auto-reportée pré-participation
Intervention	Marathon de Vienne
Evaluateur baseline et IRM	Trois radiologues ont étudié les IRM. Un consensus a été établi. Les radiologues ont étudié les IRM à l'aveugle, sans connaissance des résultats précédents ni des noms des participants. Dans la 2 ^{ème} session, les IRM ont été comparées directement avec la session 1.
Types d'IRM	Sagittal T1-weighted fast spin echo dataset Sagittal T2-weighted gradient-echo dataset DESS 3D Coronal fat-suppressed inversion recovery sequence
IRM pré intervention	10-14 jours avant le marathon
IRM post intervention	3-21h après avoir fini le marathon
IRM suivi	6-8 semaines après
Autres outils de mesure	
Informations sur la période post marathon	Entre la 2 ^{ème} et la 3 ^{ème} session d'IRM, tous les participants ont continué leur entraînement mais en diminuant la fréquence et la distance de course.

Consentement	
Aspect éthique	
Conflit d'intérêt	
Analyse de données	
Test statistiques utilisés	
Résultats	
Cartilage	<p>Table de classification :</p> <p>Grade 1 augmentation du signal, surface lisse</p> <p>Grade 2 surface irrégulière mais la lésion ne touche pas l'os</p> <p>Grade 3 ulcérations touchant l'os</p> <p>Grade 4 dénudation importante de l'os</p> <p>Pré => 5 grades \leq 2 1 grade 3</p> <p>Participant au grade 3B ménisque avait eu une résection de la corne postérieure du ménisque latéral controlatéral il y a 15 ans. Il présentait une lésion kystique sous chondrale de 4mm au condyle latéral entourée d'un œdème localisé d'1 cm de large. Chez ce sujet, il y avait des signes de scléroses sous chondrale au compartiment latéral.</p> <p>Post => pas de changements dans le cartilage au niveau de l'épaisseur, de la surface ou de l'intensité du signal trouvé.</p> <p>Deux compétiteurs se plaignaient d'une douleur mineure non spécifiée au genou après la compétition et durant leur jogging mais sans aucune corrélation avec l'IRM. Entre la 2^e et la 3^e session d'IRM, tous les participants ont continué leur entraînement mais ont réduit la fréquence et la longueur des courses.</p> <p>Suivi => : participant avec lésion de grade 3 au ménisque et signes d'arthrose à la 1^{ère} session : signes progressifs d'arthrose démontrée par un nouveau kyste sous chondral, œdème localisé dans la moelle osseuse et une légère augmentation des fluides dans l'articulation. Pas d'augmentation des symptômes.</p>
Moelle osseuse	<p>Présence d'œdème dans la moelle osseuse définie par un signal de haute intensité sur l'image de T2, spécialement la séquence TIRM et bas signal sur l'image de T1 weighted. Changement diffus ou localisé. L'œdème local de la moelle était corrélé avec des signaux d'altérations méniscaux et cartilagineux</p> <p>Pré =></p> <p>Coureur 1) œdème apex patella</p> <p>2) Ø</p> <p>3) ?</p> <p>4) condyle fémoral externe</p> <p>5) Ø</p> <p>6) métaphyse fémorale</p> <p>7) condyle fémoral externe</p> <p>8) condyle médial</p> <p>7 cas présentant un signal de haute intensité sur T2 weighted dans la moelle osseuse. Dans deux cas, au condyle latéral fémoral et dans deux autres cas au condyle médial fémoral. Chez deux coureurs, signal de haute intensité trouvé dans la patella, près de l'apex. Chez un cas, signal dans la métaphyse distale fémorale.</p> <p>≠ tableau</p> <p>Post =></p> <p>1) pas de changements</p> <p>2) pas de changements</p> <p>3) ?</p> <p>4) pas de changements</p> <p>5) pas de changements</p> <p>6) légèrement augmenté</p>

	<p>7) pas de changements 8) augmenté 5 cas : pas de changements 2 cas : augmentation Chez le sujet avec un signal altéré à la métaphyse fémorale : signal devenu plus brillant et un peu plus large sur la fat-suppressed TIRM Chez un participant avec une lésion méniscale médiale grade 3, augmentation de l'intensité du signal au condyle médial. Suivi => 1) augmenté 2) pas de changements 3) ? 4) pas de changements 5) pas de changements 6) comme exam 1 donc métaphyse fémorale 7) pas de changements 8) nouvel endroit sur le condyle médial 4 cas sans changements, 1 amélioration, 2 dégradations Chez tous les sujets sauf un, les signaux d'altération de la moelle avaient diminués ≠ tableau.</p>															
Effusion intra articulaire	<p>Apparence normale ou augmentée Pré => deux cas apparence légèrement augmentée. Post => chez aucun des participants. Deux cas : apparence légèrement diminuée. Suivi => pas d'évidence d'effusion intra articulaire.</p>															
Ménisques	<p>Table de classification : Grade 1 signal diffus augmenté sur T1 Grade 2 signal linéaire sur T1 mais n'atteignant pas la surface du ménisque Grade 3a signal linéaire atteignant la surface du ménisque Grade 3b signal linéaire atteignant la surface supérieure et la surface inférieure du ménisque (représentant une déchirure méniscale d'une ou deux surfaces) Pré=>: Signaux d'altérations chez tous les coureurs</p> <table><tr><td></td><td>Ménisque médial</td><td>Ménisque latéral</td></tr><tr><td>Grade 0</td><td></td><td>3</td></tr><tr><td>Grade I</td><td>4</td><td>2</td></tr><tr><td>Grade II</td><td>1</td><td>3</td></tr><tr><td>Grade III</td><td>3</td><td>0</td></tr></table> <p>Trois coureurs ont présenté un ménisque latéral normal sans signal. Il y avait huit grades 1, quatre grades 2 et trois grades 3. ≠ tableau Post => Chez tous les grades II sauf un, signal légèrement augmenté. En aucun cas, la taille de la lésion n'avait changé. Lésions de grade 1 n'avaient pas changées de façon significative bien que légère hausse des valeurs du côté du ménisque affecté. Ces lésions de grade 1 étaient difficilement notables pour les observateurs. Suivi =>Chez tous, signal revenu à la normale voire même diminué. Une lésion de grade 1 ne se voyait plus.</p>		Ménisque médial	Ménisque latéral	Grade 0		3	Grade I	4	2	Grade II	1	3	Grade III	3	0
	Ménisque médial	Ménisque latéral														
Grade 0		3														
Grade I	4	2														
Grade II	1	3														
Grade III	3	0														
Tendon patellaire	<p>En fonction des signaux d'altérations et de l'épaisseur du tendon. Pré => 4 cas d'altérations du tendon patellaire sur T1 montrés par une augmentation du signal sur T1 Dans tous les cas, seules des petites parties du tendon était abîmées sans toucher les surfaces molles autour. Athlètes asymptomatiques. Post =></p>															

	Pas de changement en général
Ligaments croisés	<p>Évalués selon les signaux d'altérations, l'intégrité et l'épaisseur</p> <p>Pré => ligament post : un cas de grade I ligament ant : normal chez tous</p> <p>Post => pas de changements</p> <p>Suivi => pas de changements</p>
Ligaments collatéraux	<p>Évalués selon l'épaisseur, la continuité et les signaux d'altérations</p> <p>Pré => normal chez tous</p> <p>Post => pas de changements</p> <p>Suivi => pas de changements</p>
Discussion	
Généralités	<p>Pas d'effets négatifs de la course à pied chez les coureurs sains.</p> <p>Altérations minimales du ménisque souvent observables mais retournent à la normale à 6 semaines.</p> <p>Chez un coureur, lésion du ménisque plus détectable.</p> <p>Œdème de la moelle osseuse transitoire chez tous les participants qui avaient des signaux augmentés sauf un (déchirure grade IIIB ménisque) => est-ce que des lésions précédentes sur le ménisque est un facteur de risque d'arthrose ?</p> <p>Suspicion que le marathon crée des zones de haute intensité dans la moelle osseuse mais pas dans les zones sous chondrales de l'articulation. Comme cette localisation est atypique pour un œdème de stress ou une ecchymose, les auteurs suggèrent un endroit où il y aurait une activité hématopoïétique élevée.</p> <p>L'hyperplasie hématopoïétique de la moelle osseuse est un changement connu chez les coureurs de marathons asymptomatiques. Concerne seulement les cas de signal augmenté vers l'apex de la patella.</p>
Ouverture vers la recherche	D'autres études sur le sujet devraient être faites
Conclusion	
Conclusion	Chez le sujet sain, la course de marathon ne cause pas de dommages permanents au genou
Bibliographie	
Sources	1990-1997
Divers	
Commentaires personnels	<p>Courte</p> <p>Peu de sources</p> <p>Un participant n'a pas couru le marathon et a abandonné la course sur longue distance mais non mentionné dans l'article ! Cause = déchirure partielle du tendon patellaire (d'après étude 2)</p> <p>Un participant a quitté l'étude après l'IRM numéro 1. Il a fini le marathon en 3h17 mais n'a pas fait les deux dernières IRM mais non mentionné dans l'article ! (d'après étude 2)</p> <p>Incohérences entre le texte et les tableaux</p>

W. Krampla, S. Newrkla, A. Kroener, W. Hruby (2008) <i>Changes on magnetic resonance tomography in the knee joints of marathon runners : a 10-year longitudinal study</i>	
Titre traduit	Changements sur l'imagerie par résonance magnétique des articulations du genou chez le coureur marathonien : une étude longitudinale de 10 ans
Pays	Autriche
Introduction	
Cadre théorique	La course sur longue distance est un sport de plus en plus populaire. Peu de connaissances existent sur les séquelles à long terme sur les articulations des marathoniens. Plusieurs études n'ont montré aucun dommage à court ou moyen terme tant qu'il n'y avait pas de pathologies préexistantes.
Objectif	Investiguer par le même protocole IRM les coureurs inclus dans l'étude numéro 1, 10 ans auparavant. Un suivi sur le long terme n'a pas encore été effectué dans les études précédentes.
Hypothèse	
Méthodologie	
Design de l'étude	Cohorte
Outcomes	Cf Tableau « MR imaging of the knee in marathon runners before and after competition »
Population cible	Marathoniens et anciens marathoniens non-professionnels sains ou blessés ayant subi une opération ou non
Critères d'inclusions	Avoir participé à l'étude numéro 1
Critères d'exclusions	
Sélection	
Groupes	8 coureurs/ 10 de la première étude ont été inclus : 1 coureur n'a pas pu être contacté 1 coureur a refusé de participer à l'étude et n'a pas donné d'informations sur sa santé
Caractéristiques échantillon	- Age : 37 à 55 ans (moyenne 50) - 0 femme et 8 hommes - Expériences de courses sur longues distances entre 15 et 30 ans - Depuis la précédente étude, les coureurs ont couvert une distance entre 4000 et 25000km - Tous les participants sont des coureurs de loisirs
Evaluateur baseline et IRM	Deux radiologues indépendants ont atteint un consensus. Le premier était un radiologue « senior » avec 16 ans d'expérience. Il avait participé à l'étude numéro 1. Le 2 ^{ème} lecteur de l'étude 1 ne travaillait plus au même endroit et il a été remplacé par un jeune radiologue qui travaillait depuis 8 ans dans le service. Lectures des IRM sans connaître les résultats des précédentes évaluations. Les lecteurs savaient la date de l'étude. Comparaisons après lectures des IRM des deux études afin de constater les changements. Les IRM ont été évaluées de façon égale.
Types d'IRM	Sagittal T1-weighted fast spin echo dataset Sagittal T2-weighted gradient-echo dataset DESS 3D Coronal fat-suppressed inversion recovery sequence
IRM pré-intervention	Cf Tableau « MR imaging of the knee in marathon runners before and after competition »
IRM post-intervention	Cf Tableau « MR imaging of the knee in marathon runners before and after competition »
IRM suivi	10 ans après l'étude 1

Autres outils de mesure																												
Informations sur la période post marathon	Cf. article : tableau des activités effectuées entre le marathon et l'IRM de suivi à 10 ans																											
Consentement	Consentement éclairé de tous les participants																											
Aspect éthique																												
Conflit d'intérêt																												
Analyse de données																												
Test statistiques utilisés																												
Résultats																												
Cartilage	<p>Table de classification : Cf. tableau « MR imaging of the knee in marathon runners before and after competition »</p> <table><tr><th><div>Cartilage</div><div>Coureur</div></th><th>Médian</th><th>Latéral</th></tr><tr><td>1</td><td>Grade 3</td><td>Grade 2 sévère + sclérose sous chondrale, kyste os sous chondral</td></tr><tr><td>2</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>3</td><td>0</td><td>Ø</td></tr><tr><td>4</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>5</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>6</td><td>0</td><td>2</td></tr><tr><td>7</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>8</td><td>0</td><td>3</td></tr></table> <p>Un grade 2 s'est détérioré en grade 3. Ce coureur avait déjà de sérieux dommages (déchirure du ménisque médial grade 3b et une résection presque complète du ménisque latéral) lors de l'étude 1. Cette personne avait développé un kyste sous chondral entre la course de 1997 et le suivi 6 semaines après. Le sujet numéro 6 montrait de signes de légères détérioration du cartilage au compartiment latéral : lors de l'étude numéro 1 (dégénération de grade 1). Lors de la 2^{ème} étude, la surface apparait légèrement irrégulière et était gradée à 2. Les changements entre l'étude 1 et la 2 étaient subtils. La plupart des lésions préexistantes demeuraient inchangées.</p> <p>Le sujet numéro 8 avait abandonné la course sur longue distance il y a 10ans. Après étude des baselines en 1997, conseil de ne pas prendre part au marathon pour raisons médicales. Cette personne montrait de sévères changements entre la 1^{ère} et la dernière IRM. Lésion de grade 2 du cartilage rétro patellaire et fémoral latéral => en grade 3. Pas de souvenir d'un traumatisme en particulier avant l'IRM. Léger inconfort intermittent au genou en changeant de position.</p>	<div>Cartilage</div> <div>Coureur</div>	Médian	Latéral	1	Grade 3	Grade 2 sévère + sclérose sous chondrale, kyste os sous chondral	2	0	0	3	0	Ø	4	0	0	5	0	0	6	0	2	7	0	0	8	0	3
<div>Cartilage</div> <div>Coureur</div>	Médian	Latéral																										
1	Grade 3	Grade 2 sévère + sclérose sous chondrale, kyste os sous chondral																										
2	0	0																										
3	0	Ø																										
4	0	0																										
5	0	0																										
6	0	2																										
7	0	0																										
8	0	3																										
Moelle osseuse	<p>Classification cf. Tableau « MR imaging of the knee in marathon runners before and after competition »</p> <p>Sujet numéro 8 présentait lors de l'étude 2 un endroit entouré d'un signal augmenté d'intensité sur la séquence STIR au condyle médial fémoral, qui a été interprété comme un œdème de la moelle osseuse. Aucune nouvelle aire présentant un signal augmenté n'a été découverte chez les autres patients.</p>																											
Effusion intra articulaire	<p>Classification cf. Tableau « MR imaging of the knee in marathon runners before and after competition »</p> <p>Aucune effusion de l'articulation n'a été observée chez les participants.</p>																											
Ménisques	<p>Classification cf. Tableau « MR imaging of the knee in marathon runners before and after competition »</p> <p>Chez le sujet numéro 6, un signal d'altération linéaire dans le ménisque latéral laisse place à un signal moyen non linéaire et la lésion avait, dès lors, été</p>																											

	déclassée de 2 à 1 entre l'étude 1 et l'étude 2. Le sujet numéro 8 avait son ménisque médial détérioré de normal à grade 1
Tendon patellaire	Classification cf. Tableau « MR imaging of the knee in marathon runners before and after competition » Pas explicité clairement. Phrase mentionnant les différents ligaments : aucun changement enregistré sur aucunes de ces structures.
Ligaments croisés ant/post	Classification cf. Tableau « MR imaging of the knee in marathon runners before and after competition » Aucuns changements n'ont été enregistrés sur aucune de ces structures.
Ligaments collatéraux	Classification cf. Tableau « MR imaging of the knee in marathon runners before and after competition » Les ligaments collatéraux étaient aussi intacts. Lors de l'étude numéro 2, aucuns changements n'ont été enregistrés sur aucune de ces structures.
Discussion	
Généralités	<p>A part un cas présentant des dommages préexistants au ménisque et au cartilage, il n'y pas de nouvelle altération majeure 10 ans après l'étude 1.</p> <p>La personne qui avait arrêté la course à pied montre de sévères détériorations dans les structures intra articulaires du genou.</p> <p>Pas de dommages chez coureurs bien entraînés et en santé : hypothèse confirmée.</p> <p>Les exercices continus semblent être plus protecteurs que destructeurs</p> <p>A noter que les participants avaient tous du bon matériel et suivaient des guidelines pour l'entraînement et la compétition => il faudrait d'autres études pour prouver si ce sont des facteurs contributants.</p> <p>Déchirures des ménisques en lien avec détériorations du cartilage (sujet 2) mais pas de douleurs.</p> <p>Concernant les ménisques, la littérature diverge sur les altérations possibles dues à la course à pied en fonction des différents critères évalués.</p> <p>Des lésions (méniscales ou cartilagineuses) préexistantes augmentent ou diminuent avec le sport. Comme les deux cas ont été retrouvés dans l'étude, pas de conclusion possible. Contredit l'étude numéro 2.</p> <p>Chez un cas (coureur 5) diminution des douleurs au genou dès 2 semaines ou plus de course à pied => pas d'explication</p> <p>Course à pied de longue distance peut avoir des effets protecteurs sur l'articulation.</p> <p>Pas d'effets significatifs des autres activités exercées pendant les 10 ans.</p> <p>Les jugements diffèrent en fonction des évaluateurs concernant les cartilages internes/externes (dans 4 cas, un grade de différence/ 1 cas d'interprétation divergente entre les deux radiologues). Peut-être lié à la résolution limitée de l'IRM. Différences inter-observateur bien plus élevées concernant le cartilage que les autres structures.</p> <p>Radiologue qui a fait les deux études a réexaminé les examens de la 1^{ère} étude et les résultats étaient les mêmes => examine de façon idem donc pas de variance intra observateur.</p>
Ouverture vers la recherche	Etude comparative avec bon vs moins bon matériel et guidelines pour l'entraînement/compétition
Conclusion	
Conclusion	Si le coureur a un bon entraînement et du bon matériel, il est peu probable que le marathon engendre des dommages au genou. Les résultats sont en adéquations avec la littérature existante. Bien qu'il n'existe pas de données suffisantes pour élaborer des recommandations pour les coureurs de longues distances, il semble que chez les coureurs en bonne santé, la course à pied sur longue distance n'augmente pas le risque de gonarthrose et n'accélère pas le vieillissement du genou.

Bibliographie	
Sources	1991-2006 sources récentes
Divers	
Commentaires personnels	<p>Personne qui avait abandonné la course à pied après déchirure partielle du tendon patellaire ré-inclue dans étude 2. A noter qu'elle n'avait pas couru le marathon dans l'étude 1.</p> <p>Même genou étudié par rapport à l'étude 1</p> <p>Résultats peu clairs</p> <p>Dit que c'est la même équipe de radiologue alors que seul un radiologue était dans l'étude 1</p>

Annexe 3 : Tableau représentatif des différents outcomes selon les articles

Outcomes Articles	Cartilage	Moelle osseuse	Effusion intra-articulaire	Ménisques	Tendon patellaire	Ligaments croisés	Ligaments collatéraux int/ext	Périoste	Bandelette ilio-tibiale
Osteoarthrose (...) Hohmann & al. (2005)	X réaction subchondrale du cartilage	X	X					X	
High-field magnetic (...) Luke & al. (2010)	X matrice cartilagineuse	X	X	X		X	X		
Does marathon (...) Schueller & al. (2006)	X	X	X	X	X	X	X		X
MR imaging (...) Krampla & al. (2001)	X	X	X	X	X	X	X		
Changes on (...) Krampla & al. (2008)	X	X	X	X	X	X	X		

Annexe 4 : Evaluation de l'intégrité du cartilage selon les auteurs

Auteurs	Description de la surface articulaire cartilagineuse (grades)
Luke et al. (2010) Selon Noyes & Stabler, (1989) modifié	1 : lésions définies par des régions avec un signal d'intensité inhomogène (séquences FSE) 2 : lésions définies par des altérations impliquant moins de 50% de l'épaisseur totale du cartilage 3 : lésions définies par des altérations impliquant plus de 50% du cartilage mais en dessous de l'épaisseur totale 4 : lésions définies par des altérations impliquant la totalité de l'épaisseur du cartilage et exposant l'os
Schueller et al. (2006)	1 : lésions définies par un signal irrégulier de la matrice cartilagineuse mais avec une surface intacte 2 : lésions définies par de faibles ulcérations superficielles, des fibrillations ou fissures impliquant moins de 50% de la profondeur du cartilage articulaire 3 : idem mais avec implication de 50% ou plus de la profondeur du cartilage articulaire 4 : lésions définies par l'usure de la totalité de l'épaisseur cartilagineuse avec exposition de l'os sous-chondral
Krampla et al. (2001 et 2008)	1 : augmentation du signal, surface lisse 2 : surface irrégulière mais la lésion ne touche pas l'os 3 : ulcérations touchant l'os 4 : dénudation importante de l'os

*traduction arbitraire

Auteur	Description de l'articulation (grades)
Hohmann et al. (2005)	1 : aucun œdème sur T1 et T2 ; aucune effusion 2 : œdème seulement sur T2 ; légère effusion 3 : œdème sur T2 ; réaction périostée ; forte effusion 4 : œdème sur T2 ; réaction périostée ; réaction de l'os sous-chondral sur T1

Annexe 5 : Images du score d'anormalités de la moelle osseuse WORMS dans la gonarthrose

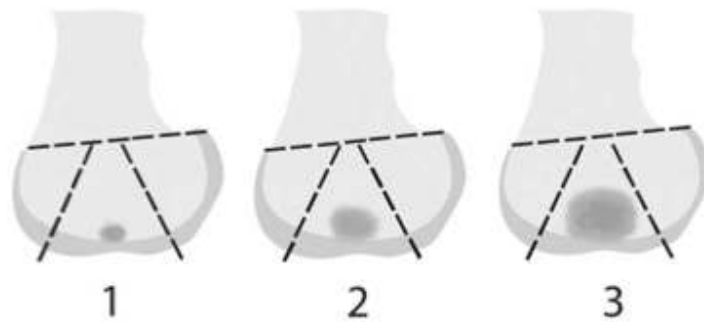


Fig. 4. Subarticular marrow abnormality score. This score is based on the extent of regional marrow involvement by areas of free water signal with ill-defined margins.

Peterfy, C. G., Guermazi, A., Zaim, S., Tirman, P. F. J., Miaux, Y., White, D., Genant, H. K. (2004). Whole-Organ Magnetic Resonance Imaging Score (WORMS) of the knee in osteoarthritis. *Osteoarthritis and Cartilage / OARS, Osteoarthritis Research Society*, 12(3)

Annexe 6: Echelle de qualité Minors

The revised and validated version of MINORS

Methodological items for non-randomized studies

1. A clearly stated aim

the question addressed should be precise and relevant in the light of available literature

2. Inclusion of consecutive patients

all patients potentially fit for inclusion (satisfying the criteria for inclusion) have been included in the study during the study period (no exclusion or details about the reasons for exclusion)

3. Prospective collection of data

data were collected according to a protocol established before the beginning of the study

4. Endpoints appropriate to the aim of the study

unambiguous explanation of the criteria used to evaluate the main outcome which should be in accordance with the question addressed by the study. Also, the endpoints should be assessed on an intention-to-treat basis.

5. Unbiased assessment of the study endpoint

blind evaluation of objective endpoints and double-blind evaluation of subjective endpoints. Otherwise the reasons for not blinding should be stated

6. Follow-up period appropriate to the aim of the study

the follow-up should be sufficiently long to allow the assessment of the main endpoint and possible adverse events

7. Loss to follow up less than 5%

all patients should be included in the follow up. Otherwise, the proportion lost to follow up should not exceed the proportion experiencing the major endpoint

8. Prospective calculation of the study size

information of the size of detectable difference of interest with a calculation of 95% confidence interval, according to the expected incidence of the outcome event, and information about the level for statistical significance and estimates of power when comparing the outcomes

Additional criteria in the case of comparative study

9. An adequate control group

having a gold standard diagnostic test or therapeutic intervention recognized as the optimal intervention according to the available published data

10. Contemporary groups

control and studied group should be managed during the same time period (no historical comparison)

11. Baseline equivalence of groups

the groups should be similar regarding the criteria other than the studied endpoints. Absence of confounding factors that could bias the interpretation of the results

12. Adequate statistical analyses

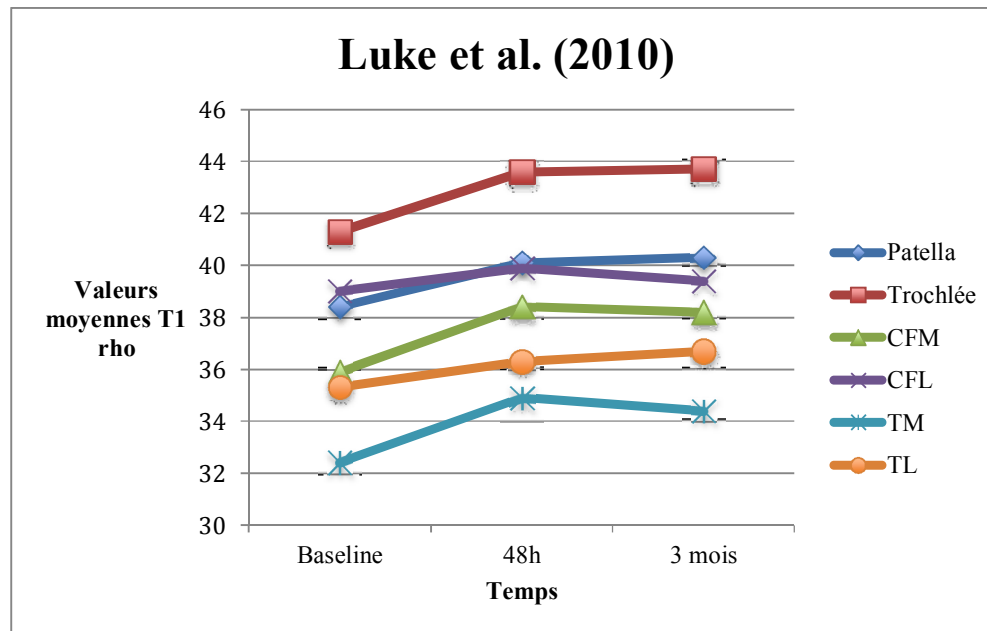
whether the statistics were in accordance with the type of study with calculation of confidence intervals or relative risk

The items are scored 0 (not reported), 1 (reported but inadequate) or 2 (reported and adequate). The global ideal score being 16 for non-comparative studies and 24 for comparative studies.

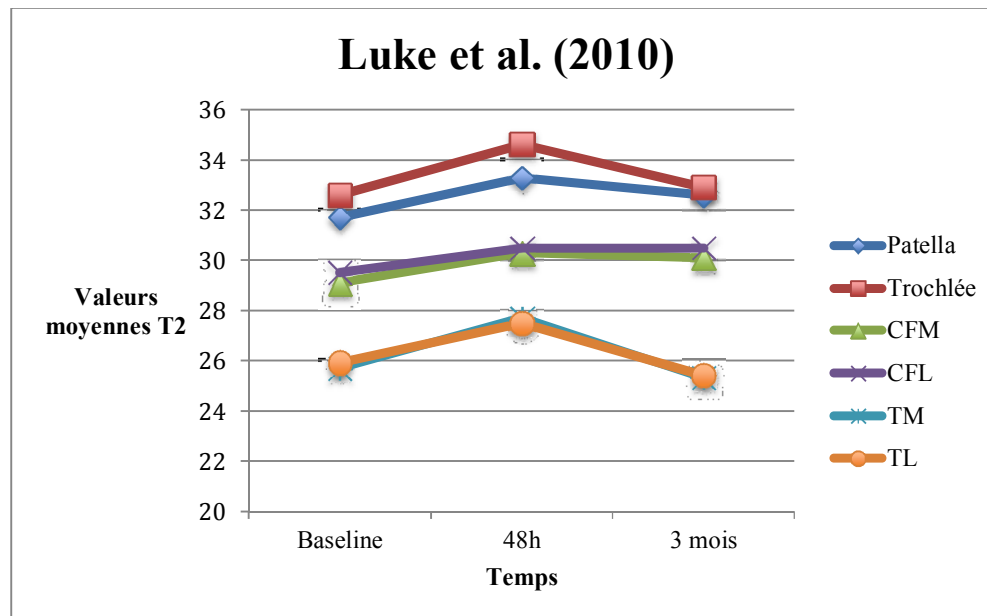
Annexe 7 : Tableau de la qualité des articles selon l'échelle MINORS

Scores MINORS Articles	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Sous-total (/16)	Total (/24)
Hohmann & al. (2005)	2	2	2	1	0	1	2	0	1	1	1	0	11/16	13/24
Luke & al. (2010)	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	11/16	17/24
Schueler & al. (2006)	2	0	2	1	2	1	2	1					11/16	
Krampla & al. (2001)	2	2	2	1	2	1	0	0					10/16	
Krampla & al. (2008)	2	2	1	1	1	2	2	0					11/16	

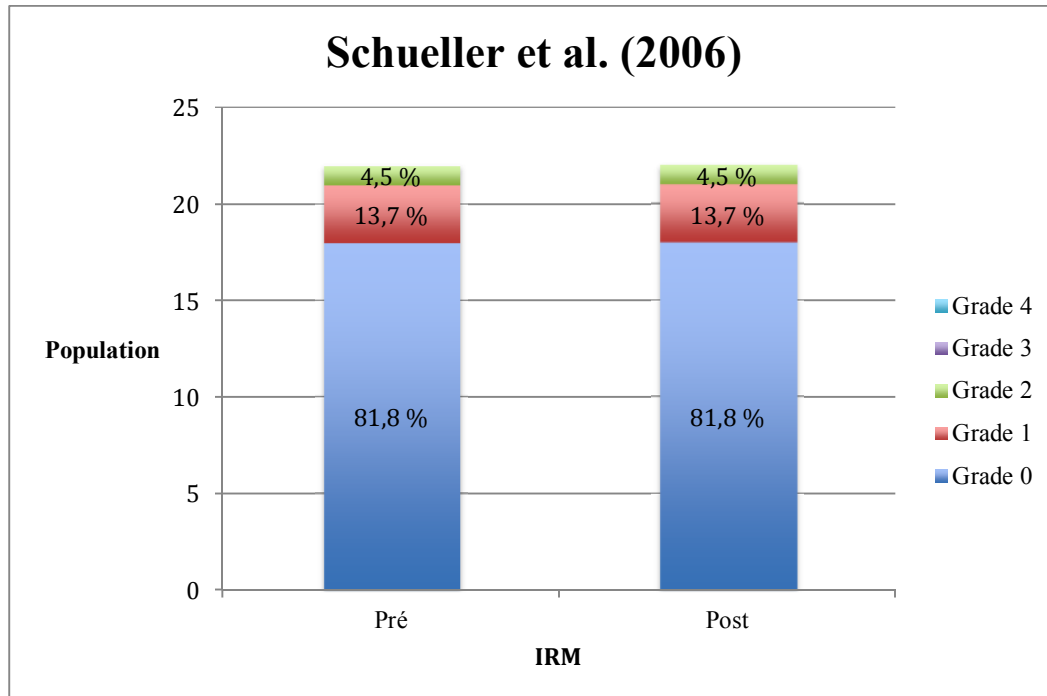
Annexe 8 : Graphiques des résultats de l'outcome cartilage et cartilage/moelle osseuse/effusion intra articulaire d'Hohmann



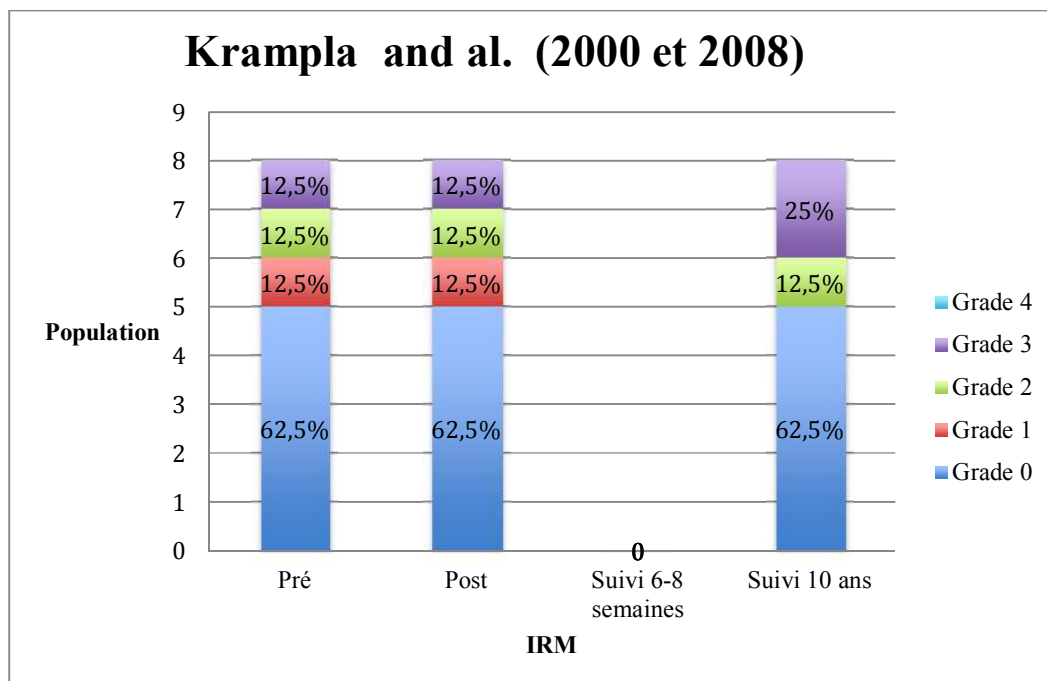
Graph 1 a : Analyse de la matrice cartilagineuse selon la séquence T1 rho. Valeurs moyennes T1 rho avant, 48h après et 3 mois après le marathon. Le cartilage a été segmenté en six régions d'intérêts qui ont été analysées de manière séparée : patella, trochlée, condyle fémur médial (CFM), condyle fémur latéral (CFL), tibia médial (TM) et tibia latéral (TL). Les résultats sont divisés en deux selon la séquence, T1 rho ou T2, utilisée.



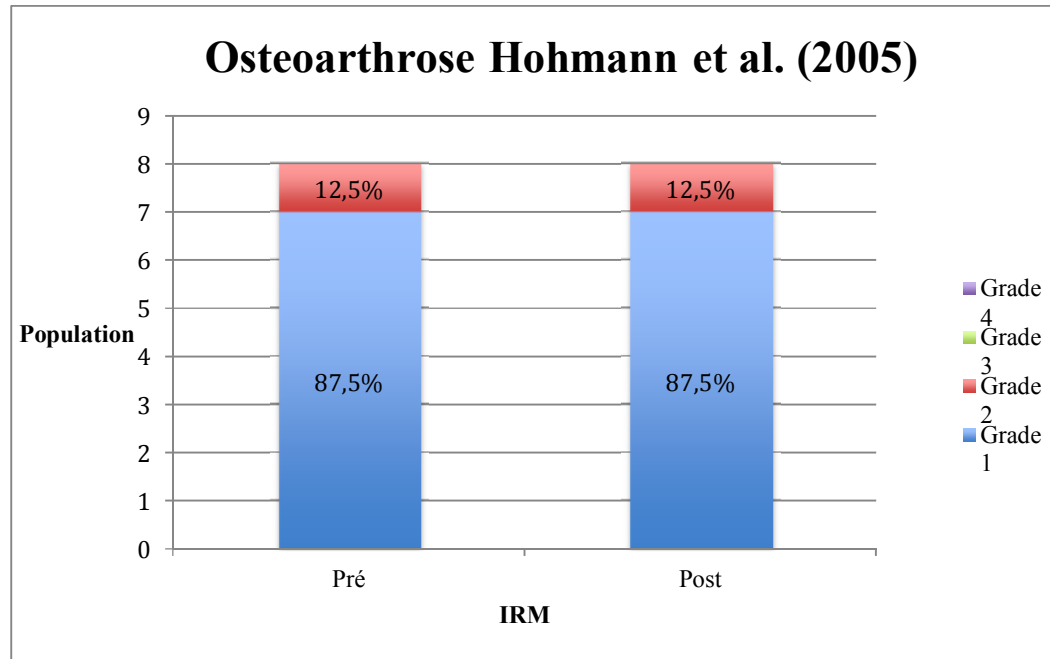
Graph 1 b : Analyse de la matrice cartilagineuse selon la séquence T2. Valeurs moyennes T2 avant, 48h après et 3 mois après le marathon



Graph 2: Résultats des caractéristiques du cartilage de marathonien non professionnels. Pré: 81,8% grade 0; 13,7% grade 1; 4,5% grade 2. Post: identique. Aucune analyse statistique.

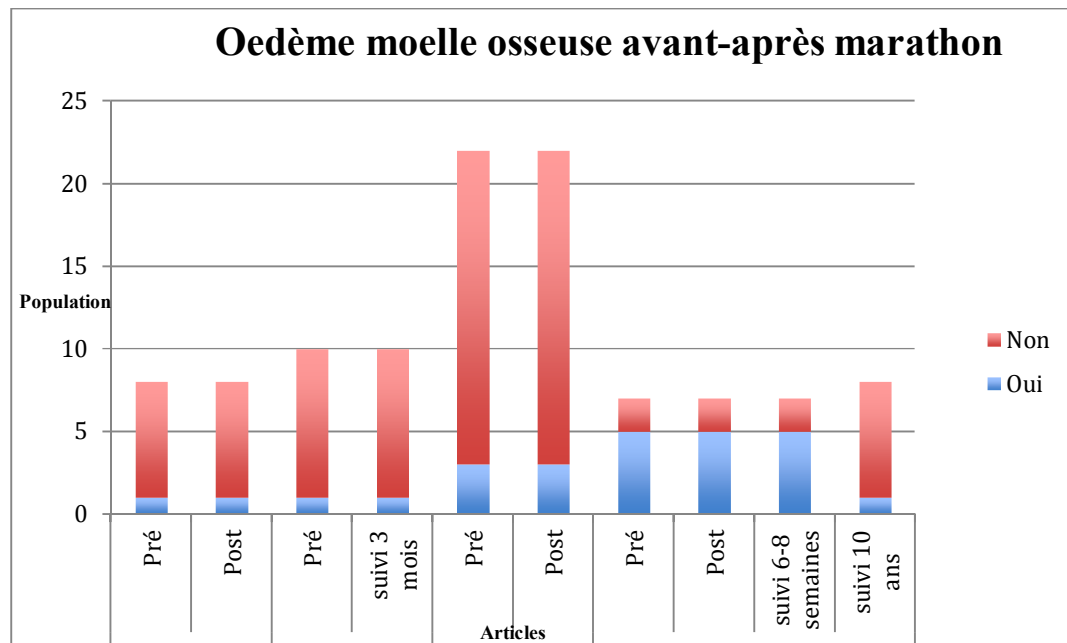


Graph 3: Résultats des caractéristiques morphologiques du cartilage pré, post, +10 ans un marathon chez des marathonien non-professionnels sains ou blessés. Pré: 62,5% grade 0; 12,5% grade 1; 12,5% grade 2; 12,5% grade 3. Post: identique. Suivi: 62,5% grade 0; aucun grade 1; 12,5% grade 2; 25% grade 3. Aucune analyse statistique.



Graphique 4 : Analyse des résultats des caractéristiques du cartilage, de la moelle osseuse et des fluides intra articulaires chez des marathoniens confirmés et des marathoniens professionnels asymptomatiques. Pré : 87,5 % grades 1 et 12,5 % grades 2. Post : identiques. Aucune analyse statistique.

Annexe 9 : graphique des résultats de l'outcome moelle osseuse



Analyse de la moelle osseuse avant (pré) et après (post) marathon chez des marathoniens. Mise en commun des différentes études avec des valeurs en chiffres absolus (a).

Annexe 10 : Grades pour l'évaluation des ménisques

10.1 Grades pour l'évaluation de l'intégrité des ménisques par Schueller et al.

	Grade 0	Grade 1	Grade 2	Grade 3	Grade 4
Description	aucune lésion visible	intensité des signaux de la surface articulaire ponctuée et non contiguë	intensité intra-méniscale linéaire sans extension à la surface articulaire	intensité du signal étendue à une surface articulaire du ménisque (déchirure méniscale)	intensité du signal atteignant la surface supérieure ou inférieure d'un ménisque (déchirure méniscale complexe)

10.2 Grades pour l'évaluation de l'intégrité des ménisques par Krampla et al.

	Grade 1	Grade 2	Grade 3a	Grade 3b
Description	signal diffus et augmenté sur T1	signal linéaire sur T1 sans atteindre la surface	signal linéaire atteignant la surface du ménisque	signal linéaire atteignant la partie supérieure ainsi que la surface inférieure du ménisque. Ce dernier grade correspond à une déchirure méniscale d'une ou de deux surfaces